

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CONSOLIDATION PRO ACTIVE DE COMMANDES : UNE PREMIÈRE SIMULATION
DYNAMIQUE PAR MODÉLISATION ARENA

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ADMINISTRATION DES AFFAIRES

PAR

OLIVIER DESLAURIERS-GABOURY

NOVEMBRE 2011

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

LA RÉDACTION D'UN MÉMOIRE EST CERTAINEMENT L'ÉTAPE LA PLUS IMPORTANTE POUR UN ÉTUDIANT EN MAÎTRISE. LAISSÉ À LUI SEUL, L'ÉTUDIANT DEVRA SURMONTER DES DIFFICULTÉS PROPRES À SA PERSONNALITÉ. LE CHEMINEMENT QU'IL PARCOURT LORS DE LA RÉDACTION RESTERA CERTAINEMENT GRAVÉ EN LUI ET LES APPRENTISSAGES QU'IL EN RETIRE LUI SERVIRONT TOUT AU LONG DE SA VIE.

TOUT AU LONG DE MON TRAVAIL, J'AI REÇU L'APPUI DE PLUSIEURS PERSONNES. CE MÉMOIRE N'AURAIT CERTAINEMENT PAS PU VOIR LE JOUR SANS L'AIDE ET LE SOUTIEN QUE J'AI REÇUS. J'AIMERAIS REMERCIER PREMIÈREMENT TOUT LE SOUTIEN QUE J'AI REÇU DU CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LES RÉSEAUX D'ENTREPRISES, LA LOGISTIQUE ET LE TRANSPORT (CIRRELT). LE CIRRELT M'A SOUTENU TOUT AU LONG DE MON CHEMINEMENT DE MAÎTRISE. EN FAIT, L'APPUI QUE J'AI REÇU A DÉBUTÉ À LA FIN DE MA DEUXIÈME ANNÉE AU BACCALAURÉAT. LE PROFESSEUR WALTER REI M'A PROPOSÉ À CE MOMENT DE REJOINDRE LA CHAIRE POUR POURSUIVRE MES ÉTUDES AU DEUXIÈME CYCLE. MERCI WALTER DE M'AVOIR SUIVI AVEC DÉVOUEMENT EN TANT QUE DIRECTEUR PENDANT CES QUELQUES ANNÉES. JE REMERCIE ÉGALEMENT LE TITULAIRE DE LA CHAIRE DE RECHERCHE ET CO-DIRECTEUR DE MON MÉMOIRE, M. TEODOR GABRIEL CRAINIC. C'EST AVEC L'APPUI CONTINU DE LA CHAIRE DE RECHERCHE DE M. CRAINIC QUE JE TERMINE MES ÉTUDES DE MAÎTRISE. MERCI ÉGALEMENT À MME SUZANNE MARCOTTE, CHERCHEURE AU CIRRELT, POUR CES NOMBREUSES HEURES DE CONVERSATIONS ET POUR SON SOUTIEN.

JE REMERCIE ÉGALEMENT L'ÉCOLE DES SCIENCES DE LA GESTION DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL, PLUS PARTICULIÈREMENT LE DÉPARTEMENT EN MANAGEMENT ET TECHNOLOGIE. L'ÉQUIPE DE PROFESSEURS

ET L'ENSEMBLE DU PERSONNEL DE SOUTIEN FONT UN TRAVAIL REMARQUABLE POUR ASSISTER LES ÉTUDIANTS PENDANT LEURS ÉTUDES. MERCI À M. MEHRAN EBRAHIMI, DIRECTEUR DU PROGRAMME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES DE LA GESTION. M. EBRAHIMI NOUS A TOUS MARQUÉS TANT PAR LES MOYENS PRIS POUR AMÉLIORER LES COURS OFFERTS PAR LE PROGRAMME QUE PAR SON ENSEIGNEMENT PARTICULIER. GRÂCE À LUI, DE NOMBREUX ÉTUDIANTS AURONT UNE MEILLEURE VISION CRITIQUE DE L'ADMINISTRATION. ENCORE MERCI À TOUS LES PROFESSEURS QUI ONT DÉMONTRÉ UNE PATIENCE INIMAGINABLE ENVERS LEURS ÉTUDIANTS.

MES DERNIERS REMERCIEMENTS VONT POUR MA FAMILLE ET MES PROCHES. LE SOUTIEN MORAL CONTINU QUE VOUS M'AVEZ APPORTÉ M'A PERMIS DE PERSÉVÉRER TOUT AU LONG DE MON CHEMINEMENT. J'AIMERAIS REMERCIER PARTICULIÈREMENT M. JEAN-PIERRE GAGNON POUR LES HEURES DE CONVERSATION INNOMBRABLES. M. GAGON M'A SUIVI DANS L'ENSEMBLE DE LA PROGRAMMATION DE MON MODÈLE ARENA. SES CONNAISSANCES M'ONT PERMIS D'APPROFONDIR MES COMPÉTENCES EN PROGRAMMATION ET M'ONT PERMIS DE RÉALISER MA MODÉLISATION ARENA. MERCI ÉGALEMENT À MA MÈRE, MME JOSÉE DESLAURIERS. LA MOTIVATION ET LE SOUTIEN QU'ELLE M'A DONNÉS PENDANT L'ENSEMBLE DE MES ÉTUDES ONT ÉTÉ ESSENTIELS À MA RÉUSSITE.

À VOUS TOUS, ENCORE MERCI.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	3
ANALYSE DE LA LITTÉRATURE.....	3
1.1 Les entreprises de distribution.....	3
1.2 Les coûts d'approvisionnement	4
1.3 Les stratégies d'approvisionnement	5
1.3.1 La stratégie FCL	5
1.3.2 La stratégie LCL.....	6
1.3.3 La consolidation de commande	6
1.4 Les problème de type "Bin Packing"	7
1.5 La consolidation pro active.....	8
CHAPITRE 2.....	11
CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE.....	11
2.1 Cadre théorique.....	12
2.1.1 Le réseau de Rona	12
2.1.2 Le processus d'approvisionnement.....	13
2.1.3 Moments propices à la consolidation proactive.....	15
2.2 Problématique	16
2.2.1 Question de recherche.....	17
CHAPITRE 3.....	19
MÉTHODOLOGIE.....	19
3.1 La simulation	19
3.2 Étendre l'étude de la façon suivante.....	19
3.3 Modèle conceptuel	21
3.3.1 Processus d'approvisionnement	21
3.3.2 Processus de consolidation — Catégorisation des commandes.....	24
3.3.3 Processus de consolidation — Calcul du plan de consolidation.....	26

CHAPITRE 4.....	29
MODÉLISATION ARENA.....	29
4.1 Les bases de données	30
4.1.1 Paramètres	30
4.1.2 Inventaire	31
4.1.3 Poliste	31
4.1.4 ListeOpti.....	31
4.1.5 Data	32
4.1.6 ConsolDate	32
4.2 Système logique.....	33
4.2.1 Paramètres	33
4.2.2 Délais du transport.....	33
4.2.3 Délais de réception	34
4.2.4 Gestion des inventaires.....	34
4.3 Processus d'approvisionnement.....	39
4.3.1 Création des bons de commande	39
4.3.2 Fabrication du produit	40
4.3.3 Attente au port	41
4.3.4 Transport maritime	41
4.3.5 Transport terrestre	42
4.3.6 Entreposage.....	42
4.4 Processus de consolidation.....	43
4.4.1 Première consolidation — choix des commandes.....	43
4.4.2 Dernière consolidation — choix des commandes	44
4.4.3 Consolidation — optimisation.....	44
CHAPITRE 5.....	49
ANALYSE DES RÉSULTATS	49
5.1 Choix des scénarios	49
5.1.1 Liste des données	50

5.1.2 Processus d'approvisionnement	51
5.2 Présentation des résultats	51
5.3 Tendances observées	57
CONCLUSION	58
Recherche future	58
Les listes de données	58
Les scénarios	59
Les étapes de contrôle	59
Retour sur le mémoire	60
ANNEXE A	62
LEXIQUE	62
ANNEXE B	63
CODE VBA DU MODÈLE ARENA	63
BIBLIOGRAPHIE	71

FIGURE	PAGE
Figure 1 — options des décisions de la consolidation de commande.....	9
Figure 2 — Réseau de magasins de Rona.....	12
Figure 3 — Chaîne d'approvisionnement simplifiée d'un grand distributeur	14
Figure 4 — Schéma du modèle conceptuel.....	21
Figure 5 — Modèle Arena — Vue générale	29
Figure 6 — Modèle Arena — Paramètres.....	33
Figure 7 — Modèle Arena - Delay transport	34
Figure 8 — Modèle Arena - Delay reception.....	34
Figure 9 — Modèle Arena — Gestion des inventaires.....	35
Figure 10 — Modèle Arena — Read INV.Data	36
Figure 11 — Modèle Arena — Calcul du coût de stockage	36
Figure 12 — Modèle Arena — Write INV.Data	37
Figure 13 — Modèle Arena — Write OPT.inventaire	37
Figure 14 — Modèle Arena — Write DAT.1	38
Figure 15 — Modèle Arena — Transfer Data To POL.....	38
Figure 16 — Modèle Arena — Calcul du coût d'achat	38
Figure 17 — Modèle Arena — Création des bons de commande.....	39
Figure 18 — Modèle Arena — Read POL.Data	40
Figure 19 — Modèle Arena — Calcul du coût de commande.....	40
Figure 20 — Modèle Arena — fabrication du produit.....	41
Figure 21 — Modèle Arena — Attente au port.....	41
Figure 22 — Modèle Arena — Transport Maritime	42
Figure 23 — Modèle Arena — Transport terrestre.....	42
Figure 24 — Modèle Arena — Entreposage.....	43
Figure 25 — Modèle Arena — Première consolidation.....	43
Figure 26 — Modèle Arena — Dernière Consolidation.....	44
Figure 27 — Modèle Arena — Consolidation	45

Figure 28 - Modèle Arena - Read ConsolData	45
Figure 29 - Modèle Arena - Écriture ConsolData	46
Figure 30 — Modèle Arena — Calcul du nouveau plan de consol.....	46
Figure 31 — Modèle Arena — Écriture Plan Consol.....	47
Figure 32 — Premier scénario - Politique sans retard	52
Figure 33 — Premier scénario - Politique rigide	52
Figure 34 — Premier scénario - Politique flexible	53
Figure 35 — Premier scénario - Comparaison des trois politiques	53
Figure 36 — Deuxième scénario - Politique sans retard.....	54
Figure 37 — Deuxième scénario - Politique rigide	54
Figure 38 — Deuxième scénario - Politique flexible	55
Figure 39 — Deuxième scénario - Comparaison des trois politiques	55
Figure 40 — Coût moyen et réduction des coûts.....	56

RÉSUMÉ

Avec le pouvoir qu'elles détiennent maintenant sur leur chaîne d'approvisionnement, les grandes entreprises de commerce au détail peuvent contrôler plus librement leurs activités d'approvisionnement. Plusieurs stratégies de livraison peuvent être utilisées pour réduire les coûts liés à l'approvisionnement en marchandises. La gestion des inventaires, l'établissement des quantités à commander, la réduction des stocks et la réduction des différents coûts d'approvisionnement sont des éléments essentiels influençant le choix de la méthode de livraison utilisée par une entreprise.

Une des méthodes de livraison utilisée par l'industrie du commerce au détail, la consolidation de commande, consiste à regrouper plusieurs commandes pour former des lots en fonction des conteneurs disponibles. Ces lots généreront par la suite des économies sur le coût des conteneurs de par leur taille plus grande. Une approche peu traitée dans la littérature scientifique propose d'établir les groupes de commandes à l'avance afin de pouvoir calculer les besoins en conteneurs plus rapidement. On appelle cette approche la consolidation proactive de commande ou POC "Proactive Orders Consolidation".

Ce mémoire propose un modèle de simulation pouvant traduire dynamiquement un processus d'approvisionnement utilisant la consolidation proactive. Le modèle se base sur une grande entreprise du commerce au détail. Il utilise un outil d'optimisation de « bin packing » qui permet d'établir le meilleur plan de consolidation. Le contexte dans lequel ce type de processus s'applique comporte une part d'incertitude affectant plusieurs paramètres. La méthode de livraison avec consolidation proactive est comparée avec les méthodes de livraison avec consolidation opérationnelle et par transport dédié. On présente également les avantages de contrôler le processus d'approvisionnement en fonction de la consolidation proactive. On démontre que la consolidation proactive présente un avantage réel sur les coûts globaux d'approvisionnement.

Mots clés : *consolidation proactive de commandes, modélisation, simulation, chaîne d'approvisionnement, bin packing, commerce au détail*

INTRODUCTION

La forte concurrence, l'évolution de la technologie à vitesse grande V, les échanges internationaux qui se multiplient sont tous des facteurs qui poussent les entreprises à améliorer leurs mécanismes organisationnels. Les entreprises du commerce au détail, tout comme l'ensemble des entreprises, cherchent à mieux rentabiliser leurs activités. L'approvisionnement en marchandise est une activité importante pour une entreprise du commerce au détail. Afin de diminuer ses coûts d'approvisionnement totaux, un grand détaillant doit savoir équilibrer les différents coûts liés aux activités d'approvisionnement. Les coûts de stockage, les coûts d'achat, les coûts de livraison maritime, dans le cas de commandes faites à l'internationale, et les coûts de livraison terrestre sont tous des coûts générés par les activités d'approvisionnement.

La présente recherche s'intéresse plus particulièrement aux méthodes de livraisons utilisées pour s'approvisionner en marchandise. Au fil du temps, plusieurs stratégies ont été proposées pour réduire les coûts d'approvisionnement. Ce mémoire tentera de mieux comprendre une nouvelle stratégie d'approvisionnement : la consolidation proactive des commandes. Cette stratégie sera étudiée à partir de la perspective d'une grande entreprise de distribution.

Pour ce faire, le premier chapitre présentera les recherches qui ont déjà été présentées dans la littérature. Ce chapitre présentera également les différents concepts utiles à la compréhension de la recherche. Une description des entreprises de distribution, les différents coûts d'approvisionnement, les différences entre les méthodes d'approvisionnement et une explication de la consolidation se retrouveront dans ce chapitre. Le deuxième chapitre présentera plus précisément la problématique. La première section de ce chapitre expliquera le contexte dans lequel l'étude a été réalisée. On y retrouvera une description plus précise sur le réseau de l'entreprise à l'étude ainsi qu'une description de son processus

d'approvisionnement. La deuxième section du deuxième chapitre expliquera la problématique exacte de la recherche. Le troisième chapitre présentera la méthodologie de la recherche. On y expliquera l'utilisation de la simulation pour répondre à la problématique, la façon dont ce mémoire étend la recherche sur le sujet ainsi que le modèle conceptuel de la simulation. Le quatrième chapitre présentera la modélisation Arena. On y retrouve premièrement une explication des différentes bases de données utilisées dans la simulation. Ensuite, chaque section du modèle Arena est présentée avec une description précise de la partie. Le sixième chapitre présentera les résultats. On y retrouvera une explication du choix des scénarios à l'étude, une représentation graphique des résultats de la simulation ainsi que les principales tendances observées sur l'utilisation de la consolidation proactive des commandes. La conclusion présentera les limites de cette recherche ainsi que des propositions pour les recherches futures. Un léger retour sur le mémoire conclura le dernier chapitre.

CHAPITRE 1

ANALYSE DE LA LITTÉRATURE

Cette section présentera la littérature pertinente à notre recherche. On présente les entreprises de distribution, les coûts d'approvisionnement, les stratégies d'approvisionnement, les problèmes de types "Bin Packing", la consolidation de commande et la consolidation pro active.

1.1 Les entreprises de distribution

La principale activité d'une entreprise de distribution est d'acheter des produits finis afin de les revendre dans ses points de vente et ainsi générer une marge de profit. Ces entreprises se situent donc à la toute fin de leur chaîne d'approvisionnement, en contact direct avec les clients finaux. À la fin du 20e siècle, le nombre d'acquisitions sur ce marché a crû substantiellement, donnant naissance à des géants de la distribution. Plusieurs facteurs ont favorisé ces acquisitions (Nirmalva Kumar, 1997) :

- Une gestion serrée des flux financiers a permis d'acheter à crédit en vendant au comptant.
- En vendant les mêmes produits dans plusieurs magasins, ces entreprises ont su profiter d'économie d'échelle importante.
- Leur pouvoir s'est accru face aux manufacturiers, engendrant de meilleures conditions d'achats.
- Plusieurs pays développés restreignent l'ouverture de grands magasins, forçant les entreprises voulant de nouveaux points de vente à acheter des canaux de distribution déjà existants.

Les relations entre les distributeurs et les manufacturiers ont bien évolué depuis quelques décennies. Auparavant, les manufacturiers établissaient des plans de productions afin d'obtenir une marge de profit fixe. Ils écoulaient ensuite leurs stocks, ne laissant pratiquement aucun choix aux distributeurs. La hausse des distributeurs géants et la globalisation des marchés ont transféré une grande partie du pouvoir du manufacturier vers le distributeur. La globalisation a facilité deux aspects importants chez les distributeurs. Premièrement, leur capacité à s'approvisionner plus facilement et à moindres coûts à des distances plus éloignées. Deuxièmement, l'augmentation des technologies de l'information leur a permis d'analyser les clients finaux d'une façon plus complète. Effectivement, la performance des ordinateurs croissant à une vitesse exponentielle, les entreprises sont maintenant capables de stocker sous forme de bases de données de très grande quantité d'information sur leurs clients. Les entreprises peuvent alors utiliser ces bases de données afin de mieux comprendre les habitudes d'achat et les tendances de leurs clientèles. Les distributeurs peuvent donc faire leurs commandes en fonction des prévisions de la demande plutôt qu'en fonction des quantités offertes par les fabricants. On passe donc d'une méthode dite « pusher » vers une méthode « pull ». L'entreprise « tire » les produits de ses fournisseurs plutôt que ces fournisseurs « poussent » les produits vers l'entreprise. Ils détiennent ainsi un rôle beaucoup plus influent comparativement aux autres acteurs sur leur chaîne d'approvisionnement.

1.2 Les coûts d'approvisionnement

Le coût d'approvisionnement se compose du coût de commande, du coût d'achat, du coût de transport et du coût de stockage. Le coût de commande est représenté par l'ensemble des coûts engendrés dans l'action de passer la commande. Ce coût dépend du nombre de fois qu'une commande est passée. Ceci est influencé par la demande annuelle et la quantité commandée à chaque commande. Le coût d'achat est représenté par le montant payé afin d'acheter les biens. Ce coût n'est pas directement proportionnel à la quantité commandée. Certains facteurs peuvent avoir un impact plus ou moins grand sur le coût d'achat. Entre autres, l'entreprise bénéficiera généralement d'économie d'échelle lorsqu'elle commandera

un certain nombre d'unités. Les conditions d'achats établis avec le fournisseur peuvent comprendre différentes clauses ayant une influence sur le prix. De plus, les fournisseurs offriront périodiquement des spéciaux ponctuels à l'entreprise. Les coûts de transport sont représentés par l'ensemble des frais encourus pour faire transporter la marchandise entre le fournisseur et les entrepôts de l'entreprise. Ces coûts dépendent du nombre de conteneurs et de la taille des conteneurs utilisés pour transporter les produits ainsi que du choix du mode de transport des conteneurs. Les coûts de stockage sont représentés par les frais encourus pour garder le produit en entrepôt. Ces coûts tiennent en considération l'immobilisation de la valeur du produit ainsi que de sa dépréciation. La quantité de produits tenus en stock ainsi que la valeur de ceux-ci influencent les coûts de stockage. Les risques de bris, de vol ou de désuétude des produits tenus en stock sont des facteurs qui sont difficilement calculables mais ont un impact non négligeable sur les coûts de stockage.

1.3 Les stratégies d'approvisionnement

Plusieurs stratégies d'approvisionnement ont vu le jour afin de toujours réduire les coûts liés à l'approvisionnement des marchandises. Cette section expliquera les principales stratégies utilisées par les entreprises ainsi que leurs forces et faiblesses.

1.3.1 La stratégie FCL (Full Conteneur Load)

La méthode du « Full Conteneur Load » consiste à remplir systématiquement un conteneur avec une commande. Le prix unitaire de transport est ainsi réduit au maximum. La fréquence des commandes est alors déterminée en fonction de la prévision de vente annuelle. Par exemple, sachant qu'un conteneur plein contient 10 000 produits, l'entreprise prévoyant vendre 120 000 de ce produit au cours d'une année devra commander, tous les mois, un conteneur plein. Si l'entreprise prévoit vendre seulement 20 000 du même produit, elle ne commandera que tous les 6 mois. Les coûts de transport unitaire sont exactement connus à l'avance. L'inconvénient de cette méthode se situe au niveau des coûts de stockage. Puisque les quantités commandées sont grandes, la valeur des produits gardés en entrepôt augmente et les coûts de stockages s'accumulent lorsque les prévisions dépassent les ventes réelles.

1.3.2 La stratégie LCL (Less than full Container Load)

Avec la stratégie LCL, les quantités commandées ne dépendent pas de la capacité du conteneur mais des besoins réels de l'entreprise. De cette façon, l'entreprise exerce un meilleur contrôle sur la gestion de ses flux et de ses stocks. En gardant en entrepôt des stocks plus petits, l'entreprise économise sur le loyer du produit dans l'entreprise, sur la réduction des immobilisations financières dans les entrepôts et sur la diminution des pertes, vols et bris. De plus, avec des inventaires qui croient constamment, l'entreprise pourrait faire face à des coûts importants pour construire un nouvel entrepôt, d'où le besoin de prendre en considération un coût d'opportunité pouvant être majeur. Un meilleur contrôle des flux permet quant à lui de mieux organiser l'arrivée des commandes. L'entreprise pourra alors réduire le nombre de commandes dans les périodes très achalandées en reportant en totalité ou partiellement certaines commandes. Durant les périodes creuses, l'entreprise pourra commander plus rapidement ou en plus grande quantité certains produits en prévision de périodes plus occupées. Avec la méthode LCL, l'entreprise profite donc d'une réduction des coûts de stockage due à des stocks plus bas et profite également d'une meilleure uniformité dans le débit de ces flux, et ce, au détriment d'un coût de transport unitaire supérieur.

1.3.3 La consolidation de commande

La consolidation de commande combine certains aspects des deux précédentes méthodes. L'entreprise combine alors plusieurs commandes dont le volume est inférieur à celui d'un conteneur afin de les faire livrer dans un unique conteneur. L'entreprise peut alors commander des quantités représentatives de ses besoins réels et en même temps profiter des mêmes économies sur les coûts de stockage qu'avec la méthode FCL. Une description plus complète des principes de base de la consolidation est donnée dans la prochaine section.

1.4 Les problème de type "Bin Packing"

Les problèmes de consolidation, ou de « Bin Packing » font partie d'une catégorie plus large : les problèmes de « Packing and Cutting ». De façon générale, ces problèmes demandent de répartir plusieurs petits items dans un ou plusieurs gros items. On retrouve une grande multitude de problèmes pouvant être classé sous cette dénomination. Les chercheurs ont dû classer les différences afin d'ordonner les recherches. Wäscher, HauBner et Schumman (2007) proposent une division des différents sous problèmes selon les cinq principaux critères suivants :

- Le type d'allocation : Il s'agit de déterminer ce que l'on cherche à optimiser, soit maximiser le nombre de petits items dans un nombre fixe de grands items, soit minimiser le nombre de grands items pour un nombre fixe de petits items.
- L'assortiment des petits items : La similitude entre les petits items. Ceux-ci peuvent être identiques, peu hétérogènes ou fortement hétérogènes.
- L'assortiment des grands items : Ce critère distingue le cas où un seul grand item est utilisé ou plusieurs. Si seulement un grand item est utilisé, ce critère sert alors à différencier si la dimension du grand item est fixe ou variable. Dans le cas où il y a plusieurs grands items, ce critère sert à différencier si les items grands sont identiques, peu hétérogènes ou fortement hétérogènes.
- Le nombre de dimensions : Différencie les problèmes à une dimension, à deux dimensions (une surface) et à trois dimensions (un volume).
- La forme des petits items : Seulement considérée dans le cas où il y a plusieurs dimensions, la forme des petits items peut être soit régulière (cubique, prisme rectangulaire, sphérique), soit irrégulière.

Le problème de consolidation de commande a pour objectif de minimiser le nombre de conteneurs (grand item) nécessaire afin d'inclure un nombre de commandes (petit item)

défini. Le nombre de dimensions considérées se doit de refléter les contraintes à respecter lors de la mise-en-boîte des commandes au sein des conteneurs.

1.5 La consolidation pro active

Bien que les problèmes de consolidation aient été étudiés fréquemment, une nouvelle particularité intéresse le domaine scientifique. Il s'agit de la consolidation proactive. À la différence de la consolidation régulière, la consolidation proactive calcule une solution en se basant sur des prévisions. Le calcul du plan de consolidation se fait plus tôt sur le processus d'approvisionnement. De cette façon, l'entreprise utilisant ce calcul peut prévoir ses besoins en conteneur à l'avance et ainsi pouvoir avoir une meilleure négociation avec son transporteur (3PL).

Bien qu'on retrouve un grand nombre de publications et de recherches sur la consolidation, la presque totalité d'entre elles prennent la perspective la plus en aval sur la chaîne d'approvisionnement. Très peu de recherches se sont penchées sur l'impact que peuvent avoir des outils de consolidation placés plus en amont sur la chaîne d'approvisionnement. À ce jour, les seules recherches lues spécifiquement sur ce sujet sont celles de Martin Béliveau (2008) et de Teodor Gabriel Crainic, Walter Rei et al. (2009).

« Consolidation des commandes dans la grande distribution » par Martin Béliveau (2009) est une des peu nombreuses études traitant de la consolidation sous cette perspective. Premièrement, cette étude compare différentes méthodes d'approvisionnement soit la méthode FCL, la méthode LCL et la méthode avec consolidation. Les résultats sont clairs et sans équivoque. La méthode avec consolidation est nettement moins dispendieuse. Cette méthode permet une grande économie au niveau des immobilisations, des inventaires, tout comme avec la méthode LCL, mais permet en plus de réduire les coûts de transport en profitant sensiblement des mêmes économies que la méthode FCL. Deuxièmement, cette recherche présente des pistes de recherche sur la consolidation proactive. Elle explique entre autres les différents endroits sur le processus d'approvisionnement qui sont propices à faire de la consolidation proactive. La figure suivante présente ces différents endroits.

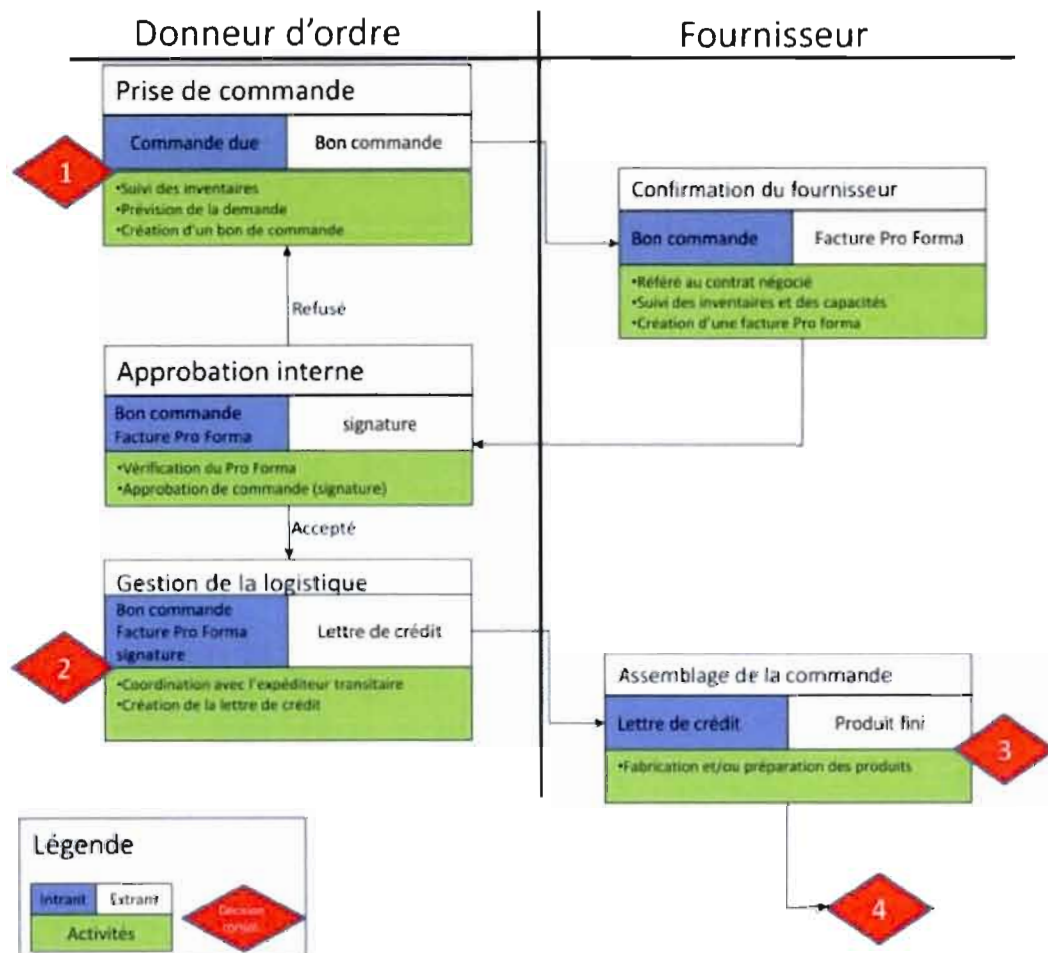


Figure 1 — options des décisions de la consolidation de commande

La recherche de M. Béliveau explique également la différence entre la consolidation régulière et la consolidation proactive. La consolidation régulière est généralement utilisée par l'entreprise qui expédie des produits. Dans le cas d'une entreprise qui commande des produits, la consolidation offre également un fort potentiel. Pour les entreprises qui doivent effectuer un grand nombre de commandes dont le volume est inférieur à la capacité d'un conteneur, la consolidation de commande permet de combiner les avantages de la méthode LCL aux avantages de la méthode FCL. Ainsi, l'entreprise bénéficiera d'économie sur les coûts de transport en remplissant les conteneurs utilisés et d'économie sur les coûts de stockage dû à une réduction des inventaires. Les entreprises de distributions ont l'avantage

de pouvoir utiliser la consolidation de façon proactive. Contrairement aux entreprises d'expéditions où le nombre des petits items est connu préalablement, les entreprises qui passent les commandes ont l'avantage de pouvoir ajuster leur commande pour faciliter une meilleure consolidation. Le nombre des petits items peut être modifié puisque la décision est prise beaucoup plus tôt sur la chaîne d'approvisionnement. (Crainic, Marcotte, Rei et Takouda, 2009).

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE

Cette section présente le cadre théorique et la problématique de la recherche. Dans la première partie, une description de l'entreprise sur laquelle cette recherche se base est donnée. On y retrouve une description de son réseau de magasins ainsi qu'une description de son processus d'approvisionnement. Dans la seconde partie, on explique les motivations de cette recherche. On y retrouve également les objectifs de ce travail ainsi que la question de recherche.

2.1 Cadre théorique

2.1.1 Le réseau de Rona

(L'ensemble des informations de cette section provient du rapport annuel 2009 de Rona)

Un élément clef du succès des grandes entreprises de distributions est le réseau utilisé pour acheminer les produits des fournisseurs vers les clients finaux. Avant de regarder quel est le



Figure 2 — Réseau de magasins de Rona

réseau actuel de Rona, regardons quelle était la motivation initiale de Rona. À ses débuts, Rona était un regroupement de plusieurs quincailleries individuelles. Leur but principal était de regrouper les achats de plusieurs magasins afin d'augmenter le volume d'achat et ainsi réduire le coût d'achat. L'immense réseau de Rona est encore aujourd'hui en grande partie composé de plusieurs petites quincailleries plus ou moins autonomes les unes des autres. Chacune d'entre elles a le pouvoir de choisir ce qu'elle offrira à ses clients. Avec comme avantage de bénéficier de prix de gros sur les marchandises qui sont achetées par le siège social. Aujourd'hui, cependant, le réseau détient plusieurs magasins à grande surface pouvant écouler des grandes quantités de produits, favorisant encore davantage le pouvoir d'achat de Rona.

Rona détient plus de 650 magasins répartis sur l'ensemble du territoire canadien. Plus de la moitié de ses magasins sont au Québec. Un peu moins du quart de l'ensemble des magasins est en Ontario. La grande majorité des magasins restants sont dans les provinces de l'Ouest. Les provinces de l'est comptent seulement un peu moins d'une trentaine de magasins. L'ensemble du réseau représente 17,5 % de l'ensemble du marché canadien. Comme énoncé plus haut, ces magasins sont établis sous différentes bannières. Le tableau ci-contre présente la répartition des magasins selon les différents formats.

Présentement, Rona désire améliorer l'ensemble de son réseau de distribution, tant au niveau local qu'au niveau international. Localement, Rona solidifie son réseau de magasins déjà existant. Ceci est fait par l'acquisition de magasins à proximité de son réseau déjà existant. Ces nouveaux magasins profitent donc de l'ensemble des installations et augmentent donc la synergie dans le réseau de magasins. L'entreprise maximise ainsi l'utilisation de ces centres de distribution en facilitant l'établissement des routes de livraison des magasins. Rona désire ainsi augmenter le nombre de magasins de proximité sur son réseau. Ce format de magasin permet une grande facilité à combler les besoins particuliers des clients. Internationalement, Rona a récemment ouvert un bureau à Shanghai pour faciliter la gestion des approvisionnements en provenance de Chine. Rona espère doubler ses importations directes en provenance d'Asie entre 2008 et 2011.

2.1.2 Le processus d'approvisionnement

Afin de bien comprendre le cadre de recherche, voici une description d'un processus d'approvisionnement tel que nous le retrouvons dans une grande entreprise de distribution. Le service d'approvisionnement a comme fonction principale de rendre accessibles la matière première, les produits semi-finis ou les produits prêts à la vente au temps voulu, et ce, au meilleur prix. Pour une entreprise œuvrant dans le commerce au détail, le service des approvisionnements gère et ordonne l'ensemble des achats provenant des fournisseurs ainsi que leur livraison jusqu'au point de vente. Pour ce faire, l'approvisionnement fait face à différents types de flux qui circulent dans un réseau composé de plusieurs entités. On

retrouve des flux physiques, des flux informationnels et des flux financiers. Les entités représentent, elles, des individus, des départements, des entreprises partenaires ou des lieux. Par exemple, un acheteur (entité) demande un devis (flux informationnel) à son fournisseur. Après une commande, le fournisseur envoie les produits (flux physique) au port de livraison (entité).

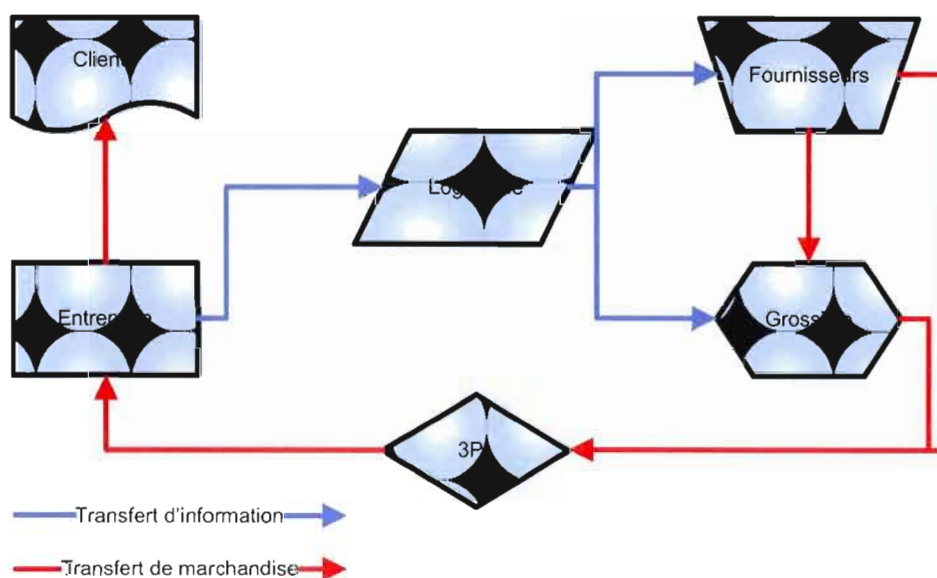


Figure 3 — Chaîne d'approvisionnement simplifiée d'un grand distributeur

Les entités les plus importantes sont les entrepôts, les ports, les fournisseurs, les différents départements de l'entreprise, les individus qui s'y rattachent et les points de vente. Un entrepôt sert à mettre en réserve des produits de vente en prévision d'une expédition vers des points de vente future. Certains entrepôts peuvent n'être utilisés que comme point de transit et ne desservent aucun point de vente. Le point de vente est l'endroit final où le consommateur pourra se procurer le produit. Les ports et les lieux de déchargement ferroviaire sont des endroits où les produits sont gardés temporairement avant de changer de mode de transport. Les fournisseurs sont l'ensemble des entreprises qui approvisionnent en produit l'entreprise. Viennent également s'ajouter plusieurs employés de l'entreprise tels que les acheteurs qui transmettent les commandes aux fournisseurs. À certaines étapes, des

départements externes aux approvisionnements viennent remplir une fonction tels que les services financiers qui autorisent les lettres de crédit.

Les flux physiques correspondent à l'ensemble des déplacements des produits sur la chaîne d'approvisionnement. Cela inclut la livraison entre le fournisseur et le port de livraison, entre le port de livraison et le port d'arrivée, puis l'ensemble des déplacements terrestres. Les flux financiers représentent les transferts d'argent entre l'entreprise et ces partenaires. Ils servent principalement à payer les achats de produits mais également à payer différents services nécessaires à la livraison. Les flux informationnels comprennent l'ensemble des transferts d'information et l'ensemble des prises de décisions entre plusieurs entités.

Le service d'approvisionnement coordonne et gère l'ensemble de ces flux entre l'ensemble des entités. Son but est d'assurer la disponibilité des produits au temps désiré par l'entreprise, et ce, en réduisant au maximum les coûts d'approvisionnement.

2.1.3 Moments propices à la consolidation proactive

Sur une chaîne d'approvisionnement, on peut utiliser des outils de consolidation pour optimiser la façon dont on remplit les conteneurs. On peut effectuer le processus de consolidation à différents moments sur le processus d'approvisionnement. Le moment le plus intuitif pour effectuer la consolidation est juste avant de remplir les conteneurs, une fois que l'ensemble des produits à être livrés est arrivé au port de chargement. À ce moment, on connaît exactement les caractéristiques des produits à être consolidés. On peut alors optimiser la meilleure façon d'agencer les différents produits afin de réduire au maximum le nombre de conteneurs utilisés. On peut également effectuer le processus de consolidation plus en amont sur la chaîne d'approvisionnement, immédiatement avant d'envoyer la commande finale au fournisseur, lorsque l'entreprise a déterminé la quantité qu'elle veut commander et lorsque les conditions d'achats ont été confirmées avec le fournisseur. À ce moment, l'entreprise place officiellement les commandes de façon à ce qu'elles soient faciles à être agencées une fois rendu au port de chargement. Le processus de consolidation

pourrait également se situer encore plus en amont, avant que les conditions d'achat n'aient été confirmées avec le fournisseur. En effectuant la consolidation à cette étape sur la chaîne d'approvisionnement, l'entreprise peut établir les conditions d'achats en prenant en considération l'ensemble des commandes des différents fournisseurs. Chercher à consolider les commandes à cette étape permet alors d'avoir un contrôle sur les conditions d'achat pour influencer la consolidation. Finalement, le dernier moment où il est possible de faire le processus de consolidation est tout à fait en amont de la chaîne d'approvisionnement. Lorsque l'entreprise reconnaît qu'elle doit commander un produit mais avant qu'elle ne décide la quantité dont elle a besoin, à ce moment, l'entreprise peut ajuster la quantité de ses commandes afin de faciliter l'agencement futur de ses produits au port de chargement.

2.2 Problématique

L'organisation de l'ensemble des éléments d'une entreprise se complexifie rapidement avec la taille de l'entreprise. La quantité des flux physiques, informationnels et financiers croît sans cesse ainsi que la distance entre leur destination. Les départements d'approvisionnement font également face au mouvement de globalisation. Les entreprises doivent gérer leur flux sur l'ensemble de la planète. La distance et les différences entre la source et la destination des flux se voient donc grandement augmentées. Les entreprises utilisent des méthodes de plus en plus complexes pour organiser et coordonner l'ensemble de ces flux. Les méthodes utilisées par les entreprises de la fin du vingtième siècle ne sont plus suffisantes pour se démarquer des concurrents. Une des techniques de plus en plus utilisées par les entreprises est la consolidation de commande. Cette technique consiste à agencer plusieurs produits dans une seule commande en réduisant au maximum les coûts d'approvisionnement. Le mémoire de Martin Béliveau (2009), « Consolidation des commandes dans la grande distribution », est une des peu nombreuses recherches traitant de ce thème. M. Béliveau présente une analyse entre trois méthodes d'approvisionnements : le FCL (Full Conteneur Load), le LCL (Less than full Conteneur Load) et la consolidation. Les résultats de cette dernière méthode sont sans équivoque. La consolidation est une méthode nettement moins dispendieuse que le FCL ou le LCL.

La recherche scientifique actuelle sur la consolidation proactive de commandes est peu détaillée. Ce mémoire désire donc approfondir nos connaissances sur ce champ de recherche. Pour y parvenir, le mémoire propose premièrement un modèle conceptuel permettant simuler un processus d'approvisionnement avec consolidation proactive des commandes. Ensuite, le mémoire présente la programmation de ce modèle conceptuel dans le simulateur Arena, version 13.

2.2.1 Question de recherche

Ce mémoire se concentre principalement à répondre aux questions suivantes :

- 1) Est-ce que la consolidation de commande opérationnelle demeure efficace à différents volumes de livraison?
- 2) Comment pouvons-nous simuler dynamiquement un mécanisme de consolidation proactive des commandes?
- 3) Est-ce que la consolidation proactive de commande est une approche qui peut dégager un meilleur résultat que la consolidation de commande opérationnelle?
- 4) Quels sont les avantages à contrôler le processus d'approvisionnement par rapport à l'efficacité de la consolidation proactive de commande?

[Cette page a été laissée intentionnellement blanche]

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 La simulation

Évaluer la performance de nouvelles pratiques d'approvisionnement ne peut être fait sur la chaîne d'approvisionnement réelle de l'entreprise. Premièrement, les pertes financières à la suite à des essais non performants viendraient réduire grandement la rentabilité de l'entreprise. Deuxièmement, certains scénarios peuvent être très coûteux; il est alors irrationnel de dépenser des fortunes dans le seul but de tester une possibilité. Prenons par exemple l'ouverture d'un nouvel entrepôt. Il est injustifié qu'une entreprise construise plusieurs entrepôts afin de savoir quel site serait le plus performant. Les outils de simulations offrent une solution de remplacement. Ils permettent d'analyser plusieurs scénarios de façon virtuelle, sans incommoder l'entreprise réelle. On retrouve différentes manières de simuler une situation réelle : la simulation analytique, la simulation mathématique, la simulation par modélisation informatique, etc. Chacune de ces méthodes présente des avantages et des inconvénients.

3.2 Étendre l'étude de la façon suivante

Un des critères de classification selon la typologie de Wäscher (2007) est l'assortiment des grands items. Jusqu'à maintenant, les recherches faites par le CIRRELT sur l'utilisation de la consolidation sur la chaîne d'approvisionnement utilisaient un modèle de consolidation de type « Single Bin Size Bin Packing Problem ». Ce modèle tient seulement en compte du type d'allocation et de l'assortiment des petits items. L'assortiment des grands items n'est pas réellement considéré puisqu'ils sont tous de la même taille. Dans cette présente recherche, nous voulons premièrement étendre l'étude au sein du modèle de consolidation considérant le critère de l'assortiment des grands items. Pour ce faire, les différentes tailles de conteneurs

seront prises en considération. Les grandeurs des conteneurs seront conformes aux dimensions standards de l'industrie. Toujours selon la typologie de Wäscher, ce problème présentera les critères d'un « Multiple Bin Size Bin Packing Problem ». La forme des différents conteneurs étant peu hétérogène.

Le deuxième critère afin d'étendre la recherche est le nombre de commandes analysées. Nous voulons connaître si les économies présentées dans le mémoire de Martin Béliveau (2008) sont persistantes avec un volume de commande plus imposant. Pour ce faire, nous augmenterons les gammes de produits à l'étude. Ceci permettra d'augmenter le nombre de produits dans l'analyse, de mieux représenter la diversité des produits d'une entreprise réelle et d'inclure plusieurs fournisseurs sur le processus d'approvisionnement.

Le troisième aspect avec lequel nous voulons étendre la recherche est le moment où effectuer le processus de consolidation. Il faudra dans un premier temps refaire l'analyse en positionnant le processus de consolidation le plus en aval. Ceci a comme but de confirmer les résultats de l'étude précédente ainsi que de valider la simulation de l'étude présente. Ces résultats tiendront évidemment compte du nouveau modèle de consolidation impliquant les différentes tailles des conteneurs. Les autres scénarii analyseront l'impact de l'utilisation du processus de consolidation lorsqu'utilisé plus en amont sur la chaîne d'approvisionnement. Le but étant de mesurer la réduction des coûts d'approvisionnement provenant du fait que nous connaissons d'avance quels seront les produits à être consolidés au port de livraison. En connaissant d'avance les besoins en conteneurs, l'entreprise tierce s'occupant de la livraison (3PL) serait en mesure de réduire leurs coûts de transport, reflétant par le fait même des économies pour le distributeur.

3.3 Modèle conceptuel

Ce modèle simule un processus d'approvisionnement du point de vue d'un grand détaillant. La méthode de consolidation utilisée dans ce modèle permet de prévoir le nombre de conteneurs nécessaires à l'envoi des commandes. Cette prévision permet une meilleure négociation avec le 3 PL représenté dans le modèle par une économie du coût des conteneurs utilisés. Afin de réduire les impacts sur le processus d'approvisionnement, le processus de consolidation fait une lecture de l'état de la chaîne d'approvisionnement plutôt que d'y être entièrement intégré. Plusieurs transferts d'informations entre le processus d'approvisionnement et le processus de consolidation permettent d'adapter le plan de consolidation rapidement en fonction des changements sur la chaîne d'approvisionnement. Voici un plan général du modèle :

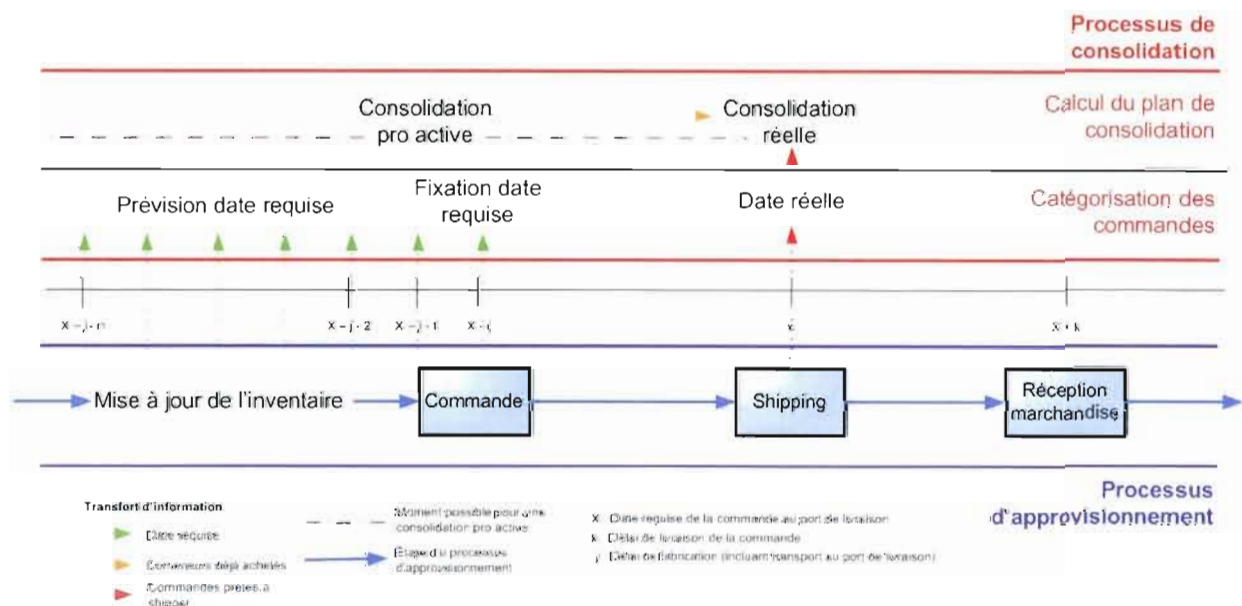


Figure 4 — Schéma du modèle conceptuel

3.3.1 Processus d'approvisionnement

Comme nous l'avons dit plus tôt, une des deux grandes parties du modèle est le processus d'approvisionnement. Une chaîne d'approvisionnement réelle comprend de nombreuses étapes et de multiples prises de décisions. Afin de simplifier la simulation, nous avons décidé

de modéliser les aspects les plus critiques pour la problématique de cette recherche. Cependant, il est facilement possible d'adapter le choix des aspects modélisés du processus d'approvisionnement afin d'étudier d'autres problématiques. Nous reviendrons plus en détail sur ce point à la fin de cette recherche.

Voici une description des différents éléments modélisés du processus d'approvisionnement.

A — Mise à jour de l'inventaire

Tous les jours, le modèle génère une quantité de produits vendus pour chacun des SKU. La quantité vendue est alors soustraite de la quantité en stock initialement. La quantité vendue est générée aléatoirement et est représentée par la somme des ventes journalières moyennes et d'une distribution normale représentant la variabilité des ventes journalières. Les paramètres servant à déterminer la quantité vendue sont uniques pour chacun des SKU. Encore ici, nous avons fait le choix des SKU qui sont inclus dans le modèle. Les SKU utilisés sont des produits que l'entreprise commande fréquemment, et ce, à longueur d'année. Ils sont classifiés en trois catégories dépendamment de la fréquence d'achat décidée par l'entreprise et par le taux de service souhaité.

B — Prise de commande

Après avoir mis à jour la quantité en inventaire de chacun des produits, le modèle calcule s'il est nécessaire de faire une commande. La méthode choisie pour y parvenir utilise un point de commande. Si la quantité en stock à la fin de la journée est inférieure à ce point de commande, l'entreprise fera une commande pour ce produit. Le point de commande est déterminé par la somme de la quantité moyenne des ventes pendant le délai d'approvisionnement ($j + k$ sur la figure 4) et de la quantité du stock de sécurité. La quantité moyenne des ventes pendant le délai d'approvisionnement est calculée par le produit de la quantité moyenne des ventes journalières et par le temps du délai d'approvisionnement. Le stock de sécurité est calculé par l'équation : $z \times \sigma_{d,\mu}$, où " z " représente le paramètre de la distribution normale choisie en fonction du niveau de service désiré par l'entreprise et où " $\sigma_{d,\mu}$ " représente l'écart-type de la demande " μ " durant le délai d'approvisionnement " d ".

La quantité commandée est calculée par le produit des ventes journalières moyennes et par la durée désirée entre deux commandes en fonction de la catégorie du produit commandé.

C - Le shipping

L'ensemble des fournisseurs envoient leurs commandes au port de livraison. Le délai de fabrication (j sur la figure 4), représenté par le délai entre l'émission d'une commande et la réception de celle-ci au port de livraison, est déterminé individuellement pour chaque commande. Ce délai est calculé par la somme du temps moyen de fabrication et d'une distribution « normale » représentant la variabilité du temps de fabrication. À noter que le temps de fabrication inclut une composante représentant le temps de transport de la commande entre l'usine de fabrication et le port de livraison. Un horaire de bateaux hebdomadaire détermine les départs des bateaux en provenance du port de livraison. L'horaire de bateaux est déterminé dans le modèle par une variable binaire représentant si oui ou non il y a un départ de bateaux prévu pour chaque journée de la semaine. Chacune des semaines a le même horaire pour l'ensemble de la simulation. Lorsqu'un bateau est prêt à quitter le port de livraison, l'ensemble des commandes présentement au port de livraison sont mis en conteneur et embarquées sur le bateau. La capacité d'un bateau en terme de nombre de conteneurs pouvant y prendre place est considérée infinie dans le modèle. Ceci veut dire que peu importe la quantité de conteneurs prêts à partir à une dite journée, l'ensemble des conteneurs embarqueront sur le bateau.

D - Réception des commandes

Le délai de livraison est représenté par la somme du délai de livraison maritime et du délai de livraison terrestre. Le délai de livraison maritime est le même pour l'ensemble des commandes d'un même bateau. Il est calculé en fonction du temps moyen qu'un bateau prend à faire le trajet entre son port de livraison et son port de réception. Le temps de livraison terrestre, lui, est déterminé individuellement pour chacun des produits, en fonction du lieu de l'entrepôt qui recevra la commande. Les délais de livraison terrestre et maritime comprennent une composante aléatoire représentant la variabilité des délais de livraisons. Les délais ne sont calculés à partir des paramètres donnés au scénario et non pas simulés par le modèle. Lorsque les commandes sont arrivées à l'entrepôt, les inventaires sont mis à jour pour tenir compte des unités supplémentaires disponibles à la vente.

Évidemment le processus d'approvisionnement est une boucle; la première étape est précédée par la dernière étape. L'enchaînement des étapes décrites dans cette section suit le processus d'approvisionnement pour un produit seulement. Dans le modèle, plusieurs produits sont considérés sur la chaîne d'approvisionnement. Ce qui donne un enchevêtrement de plusieurs boucles (ou plusieurs cycles d'approvisionnement), une pour chaque produit. À différente étape du cycle d'approvisionnement, il y a des transferts d'informations entre le processus d'approvisionnement et le processus de consolidation. La prochaine section explique plus en détail le processus de consolidation ainsi que ses liens avec le processus d'approvisionnement.

3.3.2 Processus de consolidation — Catégorisation des commandes

Le processus de consolidation se divise en deux sections distinctes. La catégorisation des commandes est la première section du processus de consolidation. Cette section fait le lien entre le processus d'approvisionnement et le processus de consolidation. La catégorisation des commandes doit être faite selon deux critères. Ces critères assureront que le plan de consolidation calculé comprend des commandes qui pourront être mis dans un même conteneur. Les deux critères sont : 1 — La date requise de la commande au port de livraison; 2 - La localisation du port de livraison. En effet, deux commandes n'ayant pas la même date requise ET le même du port de livraison ne pourront pas être incluses au sein d'un même conteneur. Afin de garder le modèle le plus simple possible, il n'y aura qu'un port de livraison inclus dans le modèle. Ce qui laisse la date requise au port de livraison le seul critère de catégorisation des commandes.

À différentes étapes du processus d'approvisionnement, la date requise d'une commande est enregistrée par le processus de catégorisation des commandes. Il y quatre moments distincts sur la chaîne d'approvisionnement où le transfert de la date requise peut être faite. Chacun de ces moments estime la date requise de manière légèrement différente. Voici d'abord les quatre étapes possibles où transférer la date requise, nous donnerons une description plus complète par la suite :

- 1— Pendant les mises à jour journalières de l'inventaire (Date requise prévue)
- 2— Lors de la prise de commande (Date requise calculée)
- 3— Entre la prise de commande et la mise en conteneur (Date requise modifiée)
- 4— Lors de la mise en conteneur (Date requise réelle)

Premièrement, chaque jour, lors de la mise à jour de l'inventaire, la date requise prévue de chaque commande est enregistrée dans la base de données. La date prévue est principalement calculée selon la quantité de stock restant. Avec la quantité des stocks restants, il est possible de prévoir quand il sera nécessaire de recevoir une commande de ce produit. En soustrayant le temps moyen de livraison à cette date, le modèle calcule une date requise « prévue » que la commande doit être au port de livraison. Cette date prévue est recalculée chaque jour de façon à tenir compte des fluctuations des ventes journalières. Deuxièmement, au moment où la commande du produit est prise, le modèle calcule une date requise où la commande devrait arriver au port de livraison. Une fois cette date calculée, le modèle fixe la date requise dans la base de données. En effet, puisque la commande est passée au fournisseur, les ventes journalières n'ont plus d'impact sur la date à laquelle la commande arrivera au port de livraison. Troisièmement, après que la commande soit passée, il peut cependant avoir des changements sur la date à laquelle la commande arrivera au port de livraison. Ces changements sont causés principalement par des retards que le fournisseur peut avoir. Il est alors possible de mettre à jour la date requise calculée afin de tenir compte de ces modifications. En dernier lieu, lorsque la commande est réellement arrivée au port de livraison, la date requise réelle est alors prise en considération dans la base de données. Il sera alors possible d'établir le plan de consolidation optimale pour envoyer l'ensemble des commandes présentes au port de livraison.

Le processus de catégorisation des commandes enregistre et classe chacun des produits selon une date requise au port de livraison. La prochaine section expliquera comment ces données sont utilisées par le modèle afin de déterminer le plan de consolidation.

3.3.3 Processus de consolidation — Calcul du plan de consolidation

Nous avons vu dans la section précédente comment le modèle catégorise les commandes. Cette section-ci explique comment le modèle utilise la catégorisation des commandes afin de déterminer le meilleur plan de consolidation des commandes. Il y a deux moments où il est possible de faire une consolidation : 1 — Avant la date à laquelle la commande sera au port de livraison. 2 — À la date à laquelle la commande sera au port de livraison.

Premièrement, le processus du calcul du plan de consolidation peut utiliser la base de données des dates requises afin d'établir un plan de consolidation pour une date future. Le modèle prendra alors l'ensemble des produits ayant la même date de livraison et utilisera l'outil de consolidation afin de déterminer un plan de consolidation prévu. Le moment exact où le modèle effectuera la consolidation est déterminé préalablement par un nombre fixe de jours avant le jour de conteneurisation réelle. Par exemple, la consolidation proactive pourra être faite 40 jours avant la date requise au port de livraison. Le plan de consolidation ainsi calculé se basera sur des prix de conteneurs réduits, représentant les économies possibles pouvant être faites dues à une meilleure planification des besoins en conteneur du 3PL. Le plan de consolidation, et son coût, ainsi calculé est gardé en mémoire jusqu'à la date de livraison réelle.

Deuxièmement, à la date réelle de livraison, le modèle prend l'ensemble des produits prêts à être mis en conteneur et calcule un nouveau plan de consolidation, cette fois-ci en utilisant les données réelles. Dans le cas où un plan de consolidation proactif a été fait pour cette date, le modèle utilise les conteneurs déjà réservés en premier. Il pourra ensuite payer d'autres conteneurs dans le cas où la capacité des conteneurs déjà achetés est insuffisante.

On remarque ici que le processus d'approvisionnement et le processus de consolidation sont étroitement liés. De plus, la façon dont le processus de consolidation catégorise les commandes réduit le plus possible les changements nécessaires aux politiques d'achats devant être faits sur le processus d'approvisionnement. Effectivement, la quantité achetée et le seuil de commande de chaque produit n'ont pas besoin d'être modifiés. Le temps total d'approvisionnement reste également inchangé. De plus, il est facilement possible d'intégrer

ce processus de consolidation à un autre processus d'approvisionnement, possiblement plus complet. Cette intégration doit seulement comprendre les transferts des données requises du processus d'approvisionnement vers la base de données du processus de consolidation.

[Cette page a été laissée intentionnellement blanche]

CHAPITRE 4

MODÉLISATION ARENA

Cette partie présente le modèle conceptuel a été implanté dans l'outil de simulation Arena. Afin de mieux comprendre l'ensemble de la modélisation Arena, ce chapitre débute par une description des différentes bases de données utilisées dans le modèle. On y retrouve par la suite une représentation détaillée de l'ensemble du modèle Arena ainsi qu'une description des différentes parties. Le modèle est divisé en trois sections principales : le système logique, le processus d'approvisionnement et le processus de consolidation. La figure suivante présente une vue d'ensemble des trois sections.

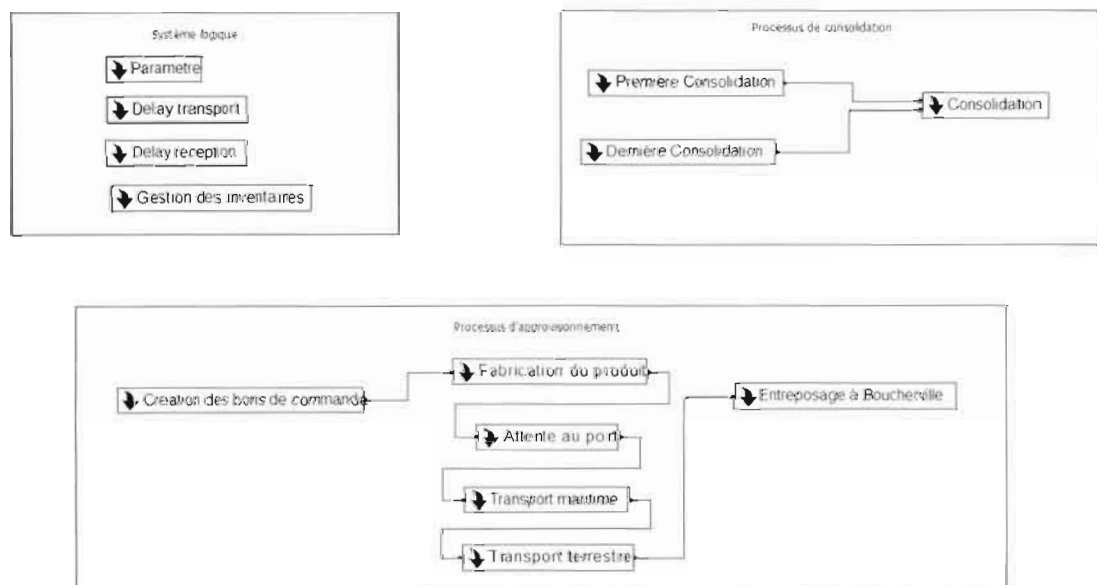


Figure 5 — Modèle Arena — Vue générale

Il est à noter que les liens entre le programme Arena, les bases de données et l'outil d'optimisation sont gérés par des modules VBA intégrés à Arena. L'ensemble du code VBA se retrouve dans l'annexe du présent mémoire. Tout au long de la présentation du modèle Arena, certaines sections utiliseront des parties de code VBA. La description donnée pour

chaque section inclut les opérations exécutées à l'aide de VBA mais le code source se retrouve les annexes seulement afin d'alléger la présentation.

4.1 Les bases de données

Une très grande quantité de données est utilisée tout au long du modèle Arena. Les données évoluent dynamiquement au fur et à mesure que la simulation progresse. La majorité des valeurs numériques se retrouvent uniquement dans la simulation Arena elle-même. Cependant, l'utilisation de bases de données externes à la simulation permet plusieurs avantages. On peut changer les paramètres initiaux de la simulation plus rapidement, garder la trace des opérations effectuées dans la simulation et afficher les résultats désirés plus facilement.

4.1.1 Paramètres

Cette base donnée sert exclusivement à l'initialisation des paramètres de base de la simulation. Ces paramètres servent à la création des différents scénarios. Elle sert à déterminer les horaires des bateaux, le coût de stockage annuel, la commande de passation d'une commande, le temps moyen du transport maritime, le temps moyen du transport terrestre, le nombre de produits inclus dans la simulation et les rabais des conteneurs achetés à l'avance.

On y retrouve également des paramètres binaires servant à activer certaines sources d'incertitudes. Ainsi, on pourra choisir d'ajouter une valeur aléatoire aux ventes journalières, au temps de fabrication, au temps de transport maritime et au temps de transport terrestre. Le modèle prévoit aussi la possibilité de traiter ou non les commandes la fin de semaine et peut inclure une limite au nombre de commandes pouvant être traitées en une journée. Pour terminer, une dernière variable binaire permet d'activer ou non les horaires de bateaux. Dans le cas où les horaires sont désactivés, le modèle prévoit un départ de bateaux tous les jours.

4.1.2 Inventaire

La base de données de l'inventaire a deux principales tâches. Premièrement, elle comprend l'ensemble des paramètres initiaux propres à chaque produit. Le numéro de SKU, le numéro d'identification du produit, les ventes journalières moyennes, l'écart-type des ventes journalières, le seuil de commande, la quantité commandée, le volume unitaire, le temps de fabrication moyen, l'écart-type du temps de fabrication et le coût unitaire se retrouvent tous dans cette base de données. Ces valeurs ne changent pas au cours de la simulation. Il est possible de changer ces valeurs entre deux simulations afin de générer une liste d'items différente.

Deuxièmement, la base de données de l'inventaire sert également à tenir à jour l'état d'un produit et à enregistrer les résultats associés à chaque produit. On retrouve donc également dans cette base de données la quantité en inventaire de la journée, la quantité en livraison, la quantité totale d'unité vendue, la quantité totale de vente perdue, le coût total de stockage pour ce produit et le coût total d'achat pour ce produit. Ces valeurs évoluent tout au long de la simulation et plusieurs transferts se font entre la base de données et la simulation Arena.

4.1.3 Poliste

Cette base de données fait le lien entre la gestion des inventaires du système logique et le processus d'approvisionnement. Lorsque le besoin de commander un produit est reconnu par le modèle, l'enregistrement de ce besoin est fait par l'entremise de cette base de données. On y retrouve le numéro de bon de commande, le numéro d'identification du produit, le numéro de SKU, la quantité commandée pour cette commande et la date de reconnaissance du besoin de commander. Certains paramètres uniques au produit commandé sont également transférés de la gestion des inventaires vers le processus d'approvisionnement à cette étape. On y retrouve donc aussi le temps moyen de fabrication et l'écart-type de temps de fabrication du produit de chaque commande.

4.1.4 ListeOpti

C'est à partir de cette base de données que les listes de commande pour la consolidation proactive sont établies. On y retrouve donc, sans compter le numéro d'identification de

chaque produit, le volume total d'une commande. La date prévue estimée se met à jour également dans cette base de données. On y retrouve également plusieurs variables binaires servant à déterminer l'état d'une commande. On pourra reconnaître si oui ou non une commande est en cours de consolidation, si elle fait partie d'un plan de consolidation pro actif, si la dernière consolidation a été faite et si la commande est arrivée au port de livraison sur le processus d'approvisionnement. On retrouve également le nombre total de consolidations calculées incluant cette commande.

4.1.5 Data

La base de données du data enregistre l'ensemble de l'évolution de chaque commande sur le processus d'approvisionnement. On y retrouve donc le numéro de bon de commande, le numéro du SKU commandé, le numéro d'identification de produit commandé, le numéro du bateau avec lequel la commande a été livrée, la quantité d'unités commandée, le temps de création du bon de commande, le temps de fabrication de la commande, le temps d'attente au port de livraison, le temps de transport maritime, le temps de transport terrestre et la date où la commande est arrivée à l'entrepôt. Cette base de données permet donc d'analyser facilement les différents délais associés à chaque commandes.

4.1.6 ConsolDate

Cette base de données comptabilise l'ensemble des plans de consolidation calculés par l'outil d'optimisation. Les plans de consolidation sont classés selon leur date de livraison. Pour chaque date de livraison, on retrouve le nombre de commandes livrées, le nombre de consolidations effectuées pour cette date de livraison et le plan de consolidation de la première consolidation, de la dernière consolidation et de la consolidation opérationnelle. Les plans de consolidation incluent le nombre total de chaque type de conteneur, le coût des conteneurs, ainsi que la capacité résiduelle totale par type de conteneur. On y retrouve également le coût du plan de consolidation sans les conteneurs inutilisés pour le transport des commandes. On évalue également les coûts de conteneur si une politique de LCL avait été choisie pour transporter cette sélection de commande. Cette base de données compare

également les différentes méthodes de livraison et présente les résultats sous forme de tableau.

4.2 Système logique

Bien que le système logique ne soit pas un processus en tant que tel, il gère plusieurs éléments essentiels à la simulation. Le système logique détermine l'ensemble des paramètres initiaux, gère le délai de transportation maritime, gère le moment de réception des marchandises et gère l'ensemble de la gestion des inventaires pour tous les produits.

4.2.1 Paramètres

Cette section sert à intégrer les paramètres de bases pour la simulation. Ces paramètres sont enregistrés dans la base de données permettant ainsi une grande facilité à ajuster les paramètres entre les différents scénarios. Au début de la simulation, cette section lit les paramètres dans la base de données et les intègre à la simulation.

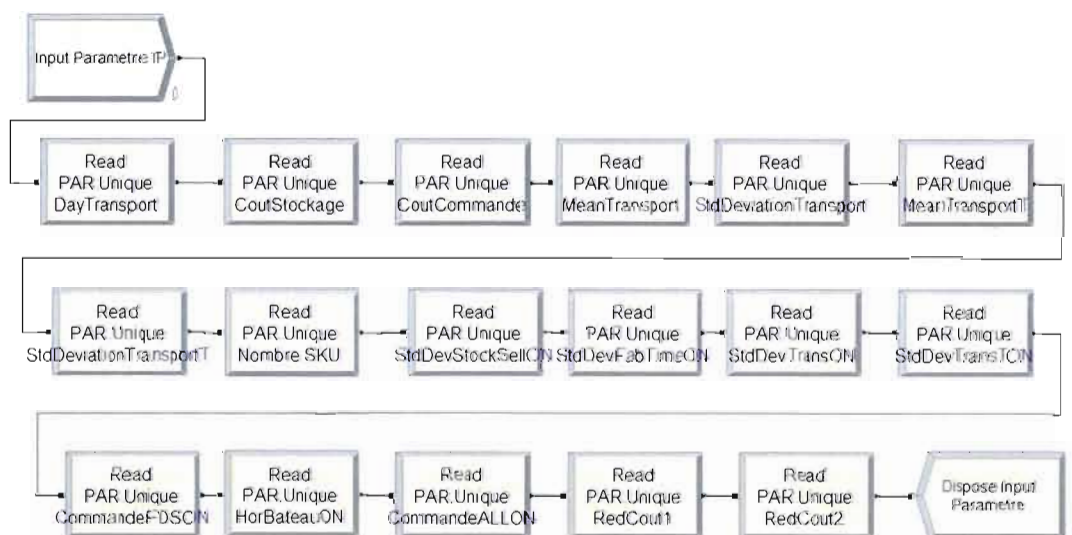


Figure 6 — Modèle Arena — Paramètres

4.2.2 Délais du transport

Cette section contrôle le transport des conteneurs par bateau. Cette section commence par vérifier si la journée en cours prévoit un départ de bateaux. Si oui, il déclenche

l'embarquement des commandes prêtes à être livrées et assigne un délai de transport maritime unique pour l'ensemble des commandes sur le même bateau.

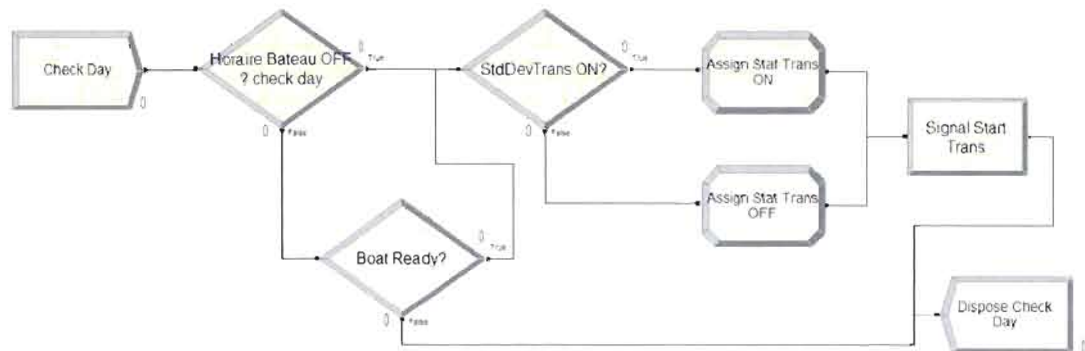


Figure 7 — Modèle Arena - Delay transport

4.2.3 Délais de réception

Cette section impose à toutes les commandes arrivées à l'entrepôt un certain délai avant que le modèle puisse vendre un produit. Plus précisément, cette section retarde la mise à jour du nombre de produits en inventaire à la suite d'une réception de marchandises afin que la mise à jour de l'inventaire soit la dernière opération de la journée. Les unités reçues à la réception d'une commande ne peuvent donc pas être vendues la journée même.

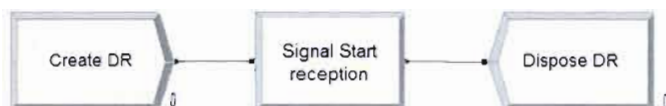


Figure 8 — Modèle Arena - Delay reception

4.2.4 Gestion des inventaires

C'est la section la plus imposante du système logique. Cette section gère l'ensemble de l'inventaire. Chaque jour, le modèle détermine la demande exacte de la journée, vérifie si la quantité en inventaire est suffisante, réduit la quantité en inventaire selon les ventes de la journée et vérifie si la quantité à la fin de la journée est inférieure au seuil de commande. Dans le cas où une commande doit être passée, les informations de la commande sont enregistrées dans un fichier Excel et les coûts d'achats sont calculés. C'est dans cette section que le modèle calcule jour après jour la date prévue de l'embarquement des

marchandises sur le bateau. Cette date est déterminée en fonction de la quantité en inventaire à la fin de la journée.

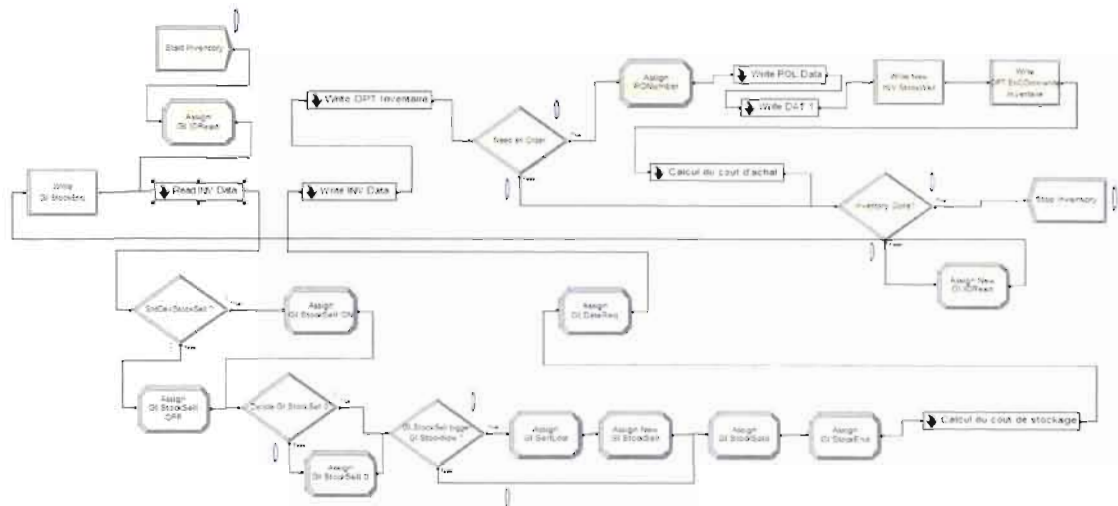


Figure 9 — Modèle Arena — Gestion des inventaires

Read INV.Data : Cette sous-section initialise le produit qui sera évalué par le modèle. Cette sous-section recherche donc les informations pertinentes à l'évaluation de l'inventaire dans la base donnée. C'est dans cette section que le modèle enregistre la quantité en inventaire au début de la journée, les paramètres servant à calculer la quantité vendue pour cette journée et les résultats passés pour ce produit tel que les ventes perdues totales et les ventes totales.

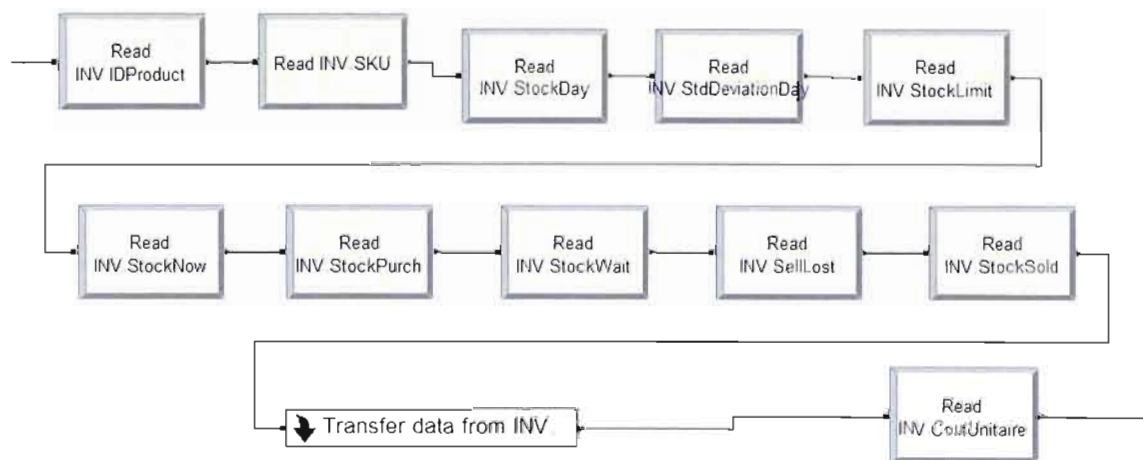


Figure 10 — Modèle Arena — Read INV.Data

Calcul du coût de stockage : Cette sous-section sert à calculer le coût de stockage d'un produit pour une journée. Selon la quantité en inventaire et selon les paramètres de bases du coût de stockage, le coût de stockage journalier est calculé. Cette section fait en même temps une mise à jour du coût de stockage total depuis le début de la simulation pour le produit donné.

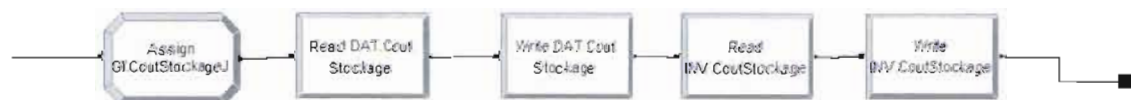


Figure 11 — Modèle Arena — Calcul du coût de stockage

Write INV.Data : Cette sous-section sert à enregistrer dans la base de données de l'inventaire les nouvelles quantités des ventes totales, des ventes perdues et des produits en inventaire à la fin de la journée.



Figure 12 — Modèle Arena — Write INV.Data

Write OPT.inventaire : Cette sous-section détermine la date prévue de l'embarquement des marchandises sur le bateau. À ce moment dans le modèle, le besoin de commander a déjà été reconnu. La date prévue est alors calculée en fonction de temps moyens de fabrication du produit plutôt qu'en se basant sur la quantité restante en inventaire. À partir de ce moment, la date prévue est fixée par le modèle et le mécanisme de mise à jour de l'inventaire ne change plus cette date en fonction de la quantité de marchandises en inventaire.

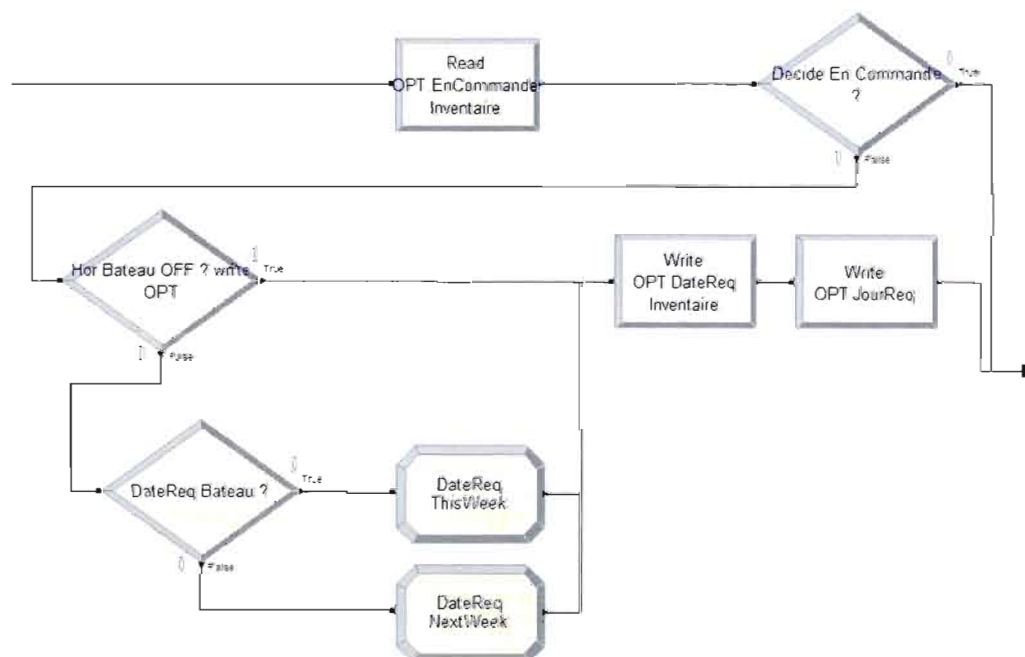


Figure 13 — Modèle Arena — Write OPT.inventaire

Write DAT.1 : Cette sous-section transfère les informations sur les produits qui ont besoin d'être commandés. La commande en tant que telle n'est pas faite à cette étape. La base de

données sert uniquement à lister les produits qui doivent être commandés prochainement. Les informations telles que la quantité commandée et les données nécessaires au calcul du temps de fabrication sont transférées de la base de données de l'inventaire vers la base de données des commandes à faire à cette étape.

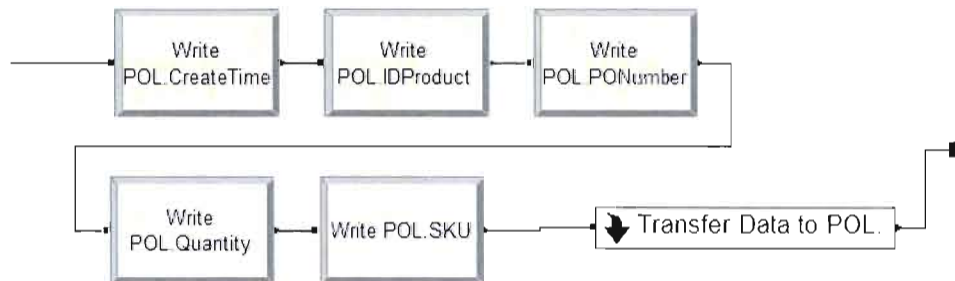


Figure 14 — Modèle Arena — Write DAT.1

Transfert Data To POL : Cette section enregistre également les informations dans la base de données générale avec l'ensemble des informations de chacune des commandes. Cette base de données est utilisée afin de pouvoir retracer l'ensemble des commandes ainsi que de leurs délais à chacune des étapes du processus d'approvisionnement.

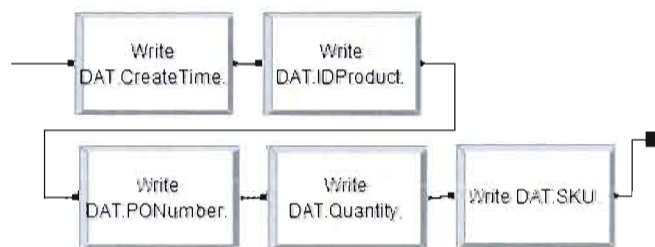


Figure 15 — Modèle Arena — Transfer Data To POL

Calcul du coût d'achat : Cette section sert à calculer le coût d'achat de la commande. Il met à jour également le coût d'achat total depuis le début de la simulation pour le produit donné.



Figure 16 — Modèle Arena — Calcul du coût d'achat

4.3 Processus d'approvisionnement

Tel qu'énoncé dans le modèle conceptuel, le processus d'approvisionnement représente l'ensemble des opérations physiques qu'une commande doit suivre avant la réception de celle-ci par l'entreprise. Ce processus est initié à partir de la base de données avec l'ensemble des produits dont l'entreprise doit commander prochainement. Ce processus se termine à la réception de la commande à l'entrepôt et la mise à jour de la quantité en inventaire.

4.3.1 Création des bons de commande

La section de la gestion des inventaires reconnaît le besoin de commander un produit. Cette section sert à passer la commande à proprement parlée. Cette partie du modèle prévoit différentes possibilités sur le nombre de commandes pouvant être traitées tous les jours. Il est donc possible de restreindre la prise de commande aux journées de semaine uniquement et de contrôler le nombre de commandes pouvant être traitées en une journée. Advenant le cas où une commande doit être passée, cette section enregistre l'ensemble des informations nécessaires aux étapes suivantes du processus d'approvisionnement. Cette section calcule également le coût de passation d'une commande.

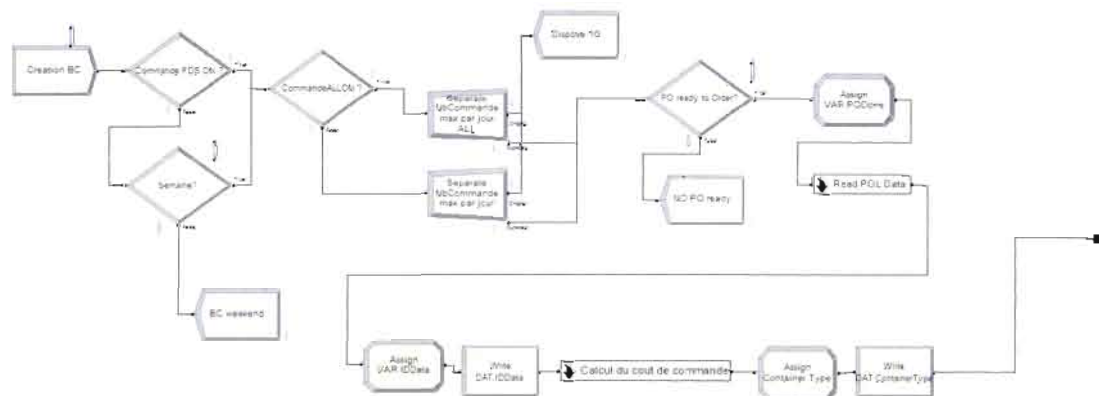


Figure 17 — Modèle Arena — Création des bons de commande

Read POL.Data : Cette sous-section va chercher les informations pertinentes aux prochaines étapes du processus d'approvisionnement. On y retrouve la date où le modèle a reconnu le

besoin de commander, le numéro du produit et le SKU du produit, le numéro de la commande, la quantité commandée ainsi que les paramètres servant à calculer le délai de fabrication.

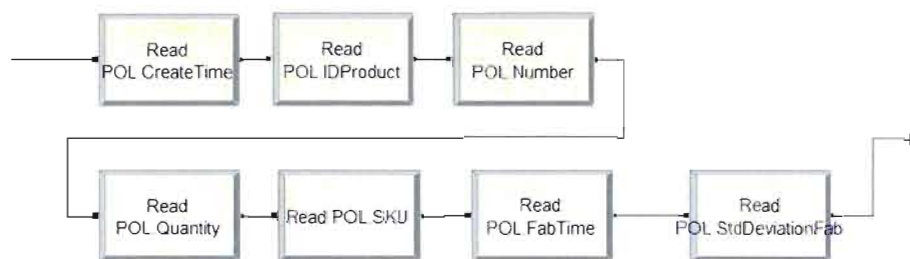


Figure 18 — Modèle Arena — Read POL.Data

Calcul du coût de commande : Cette sous-section calcule le coût de commande et met à jour le coût total de commande pour l'ensemble des commandes faites jusqu'à ce jour.

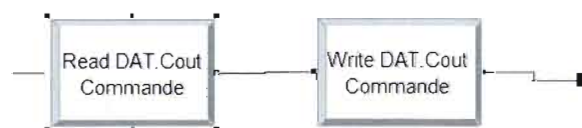


Figure 19 — Modèle Arena — Calcul du coût de commande

4.3.2 Fabrication du produit

Cette section gère le temps nécessaire de fabrication des commandes. Le délai est basé sur un temps moyen de fabrication, la possibilité de retard du fournisseur ainsi que le temps du retard. Le modèle vérifie en premier si le fournisseur est en retard. Dans le cas où le fournisseur est en retard, le modèle détermine le nombre de jours du retard. Le modèle ajoute par la suite le nombre moyen de jours nécessaire à la fabrication du produit. Dans le cas où le fournisseur n'est pas en retard, uniquement le temps moyen de fabrication est utilisé. Cette section du modèle gère également le temps de fabrication. La commande continuera son processus seulement une fois que le délai de fabrication sera écoulé. On enregistre également le temps de fabrication dans la base de données générale de l'ensemble des commandes.

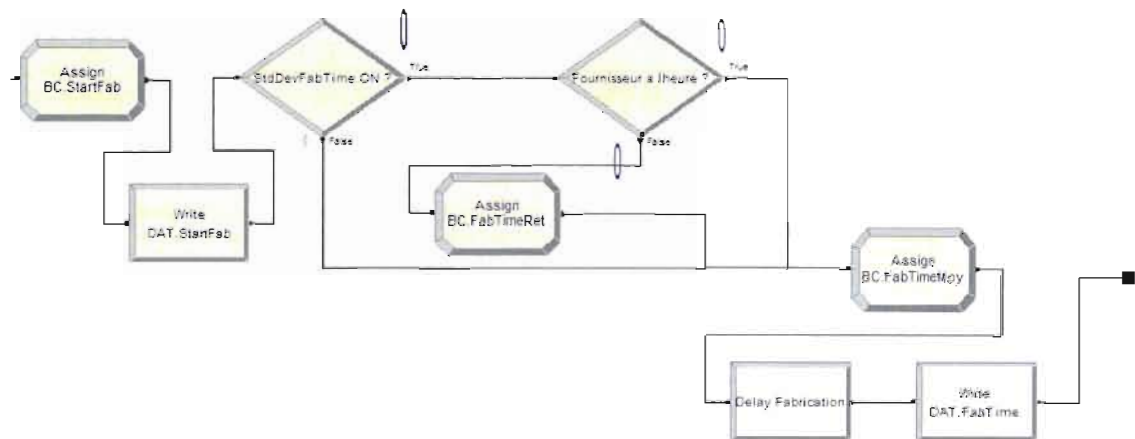


Figure 20 — Modèle Arena — fabrication du produit

4.3.3 Attente au port

Les commandes arrivées au port de départ doivent attendre le prochain bateau avant de débuter leur transport maritime. Cette section détermine donc la date du prochain envoi de bateau et délaye les commandes jusqu'à ce moment. Cette section travaille conjointement avec le système logique afin que chacune des commandes envoyées sur un même bateau ont un temps de livraison maritime unique.

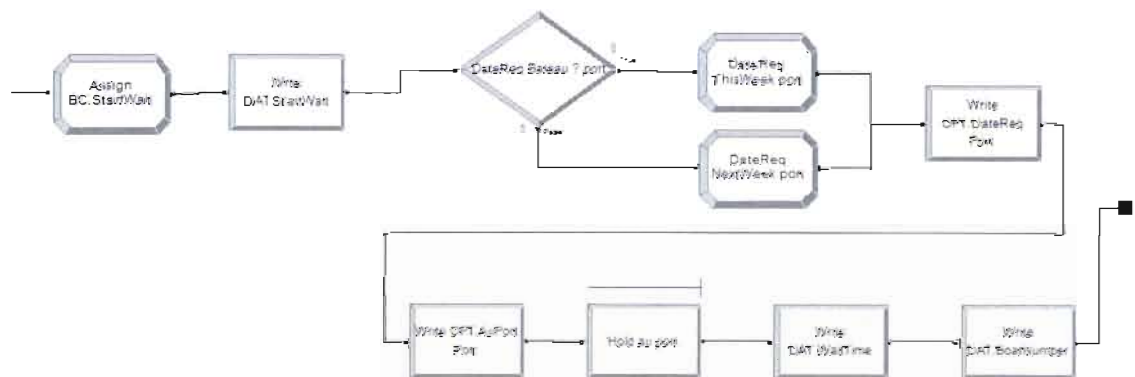


Figure 21 — Modèle Arena — Attente au port

4.3.4 Transport maritime

Les commandes en transport maritime sont gardées dans cette section jusqu'à la fin de leur transport maritime. Cette section enregistre également le temps de livraisons maritimes pour

chacune des commandes contenues dans le bateau. Le modèle prévoit la possibilité de rajouter une composante aléatoire au temps de transport maritime.

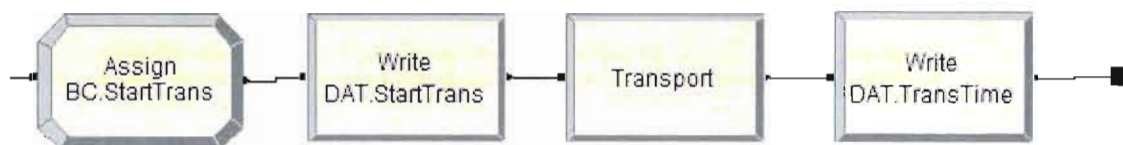


Figure 22 — Modèle Arena — Transport Maritime

4.3.5 Transport terrestre

Une fois le transport maritime terminé, les commandes doivent être acheminées vers l'entrepôt par voies terrestres. Cette section délaye donc les commandes pendant leur transport terrestre. Le temps de transport est calculé en fonction de temps moyen. Il est également possible d'inclure une partie aléatoire au temps de transport terrestre.

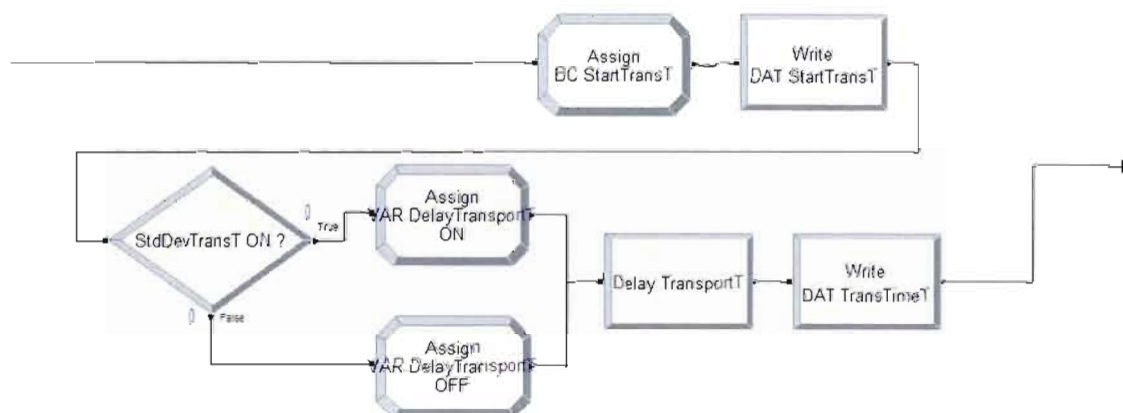


Figure 23 — Modèle Arena — Transport terrestre

4.3.6 Entreposage

Cette section travaille également avec le système logique. À la fin de la journée, l'ensemble des produits reçus pendant la journée est ajouté à l'inventaire. Cette section sert également à réinitialiser certaines variables servant à reconnaître à quelle étape la commande se situe sur le processus d'approvisionnement. Après réception de la commande, l'ensemble de ces paramètres est remis à zéro.

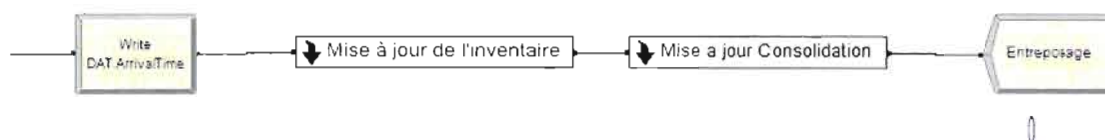


Figure 24 — Modèle Arena — Entreposage

4.4 Processus de consolidation

Le processus de consolidation comprend les différentes actions nécessaires pour élaborer le plan de consolidation utilisé pour remplir les conteneurs. Ce processus est initié à partir de la base de données des commandes selon leur date prévue de livraison. Il se termine par l'élaboration du plan de consolidation et le choix du nombre de conteneurs utilisés. Il comptabilise également le résultat des différentes consolidations.

4.4.1 Première consolidation — choix des commandes

Ce processus sert à déterminer la liste des commandes devant être regroupées pour effectuer le plan de consolidation proactif. Il commence par lire la base de données des commandes avec date prévue et intègre l'information au modèle Arena. Il regroupe ensuite toutes les commandes ayant la même date prévue estimée. Avant d'envoyer la liste d'items à l'outil de consolidation de la prochaine étape, le modèle enregistre l'état de chaque produit afin de reconnaître que la commande a déjà été consolidée pro activement.

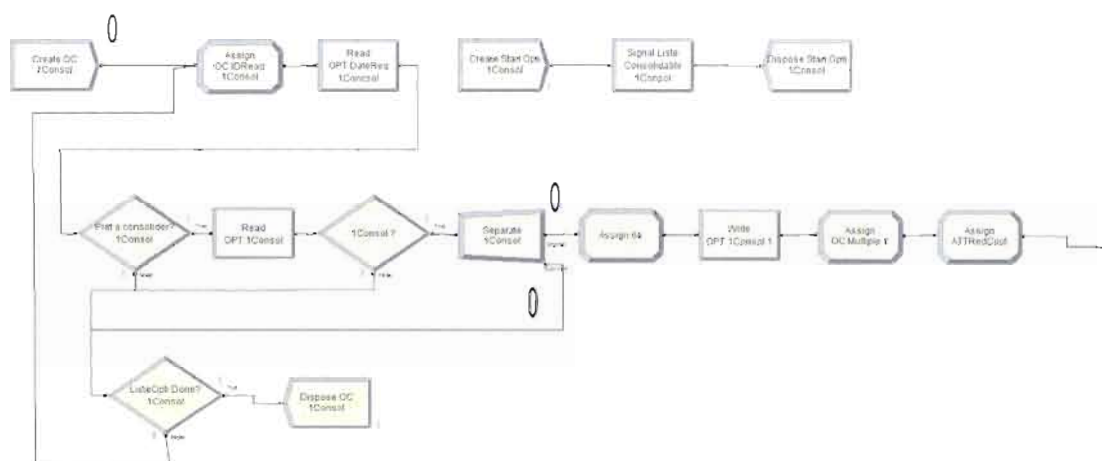


Figure 25 — Modèle Arena — Première consolidation

4.4.2 Dernière consolidation — choix des commandes

Contrairement à la première consolidation, la dernière consolidation se base sur la date réelle au port de livraison de la commande. Il regroupe alors l'ensemble des commandes ayant une date de livraison commune pour établir la liste de consolidation des commandes. Un dédoublement des commandes est fait afin de créer une seconde liste pour calculer un plan de consolidation opérationnel aux fins de comparaison. Cette section mène également à jour l'état de la commande afin de reconnaître qu'elle a déjà été incluse dans un plan de consolidation.

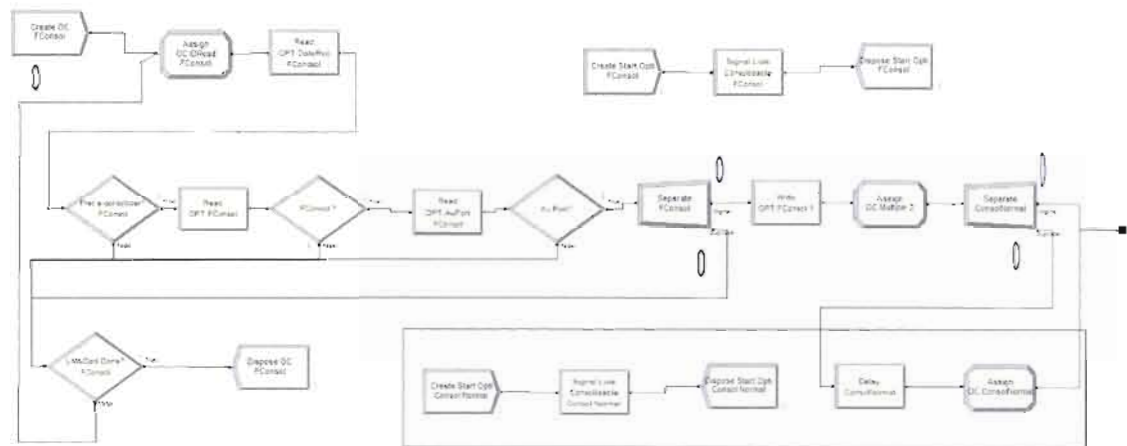


Figure 26 — Modèle Arena — Dernière Consolidation

4.4.3 Consolidation — optimisation

Cette section commence par accumuler l'ensemble des commandes devant être regroupées ensemble. Ensuite, il fait la lecture des informations déjà connues sur cette date de livraison. Le fichier d'entrées servant à l'outil d'optimisation est alors créé. On y enregistre d'abord les informations relatives aux conteneurs. Par la suite, le modèle enregistre l'ensemble des données sur les commandes à être consolidées. Les commandes sont alors regroupées en un lot. Ce lot va par la suite déclencher l'exécutable de l'outil d'optimisation. Une fois la solution trouvée, le modèle lit le fichier de sortie de l'outil d'optimisation pour intégrer les résultats au modèle Arena. Pour terminer, on enregistre le plan de consolidation ainsi calculé dans la base de données.

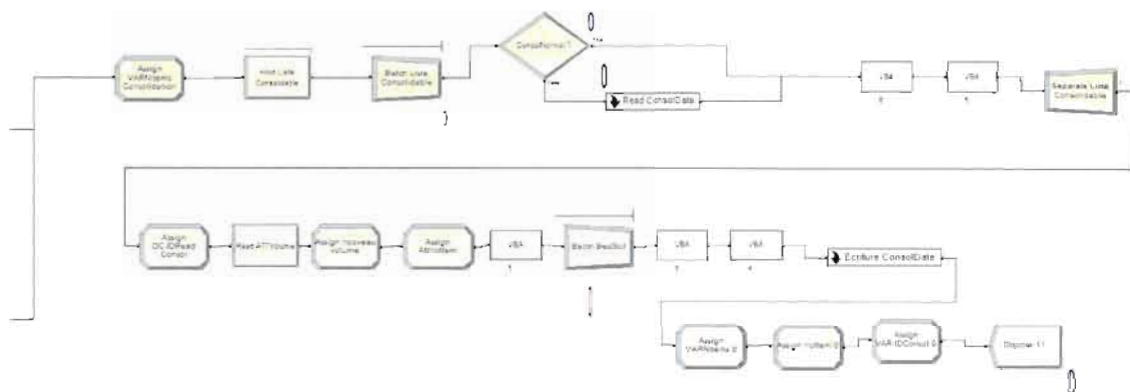


Figure 27 — Modèle Arena — Consolidation

Read ConsolData : Dans le cas où un plan de consolidation pro active existe pour la date de livraison donnée, cette sous-section fait la lecture de la première solution pour l'intégrer à la nouvelle consolidation. On y retrouve le nombre total de consolidations qui a été fait pour cette date de livraison, le nombre total de conteneurs de chaque type, le coût total pour chaque type de conteneurs ainsi que le coût de fiabilité total pour cette date de livraison.

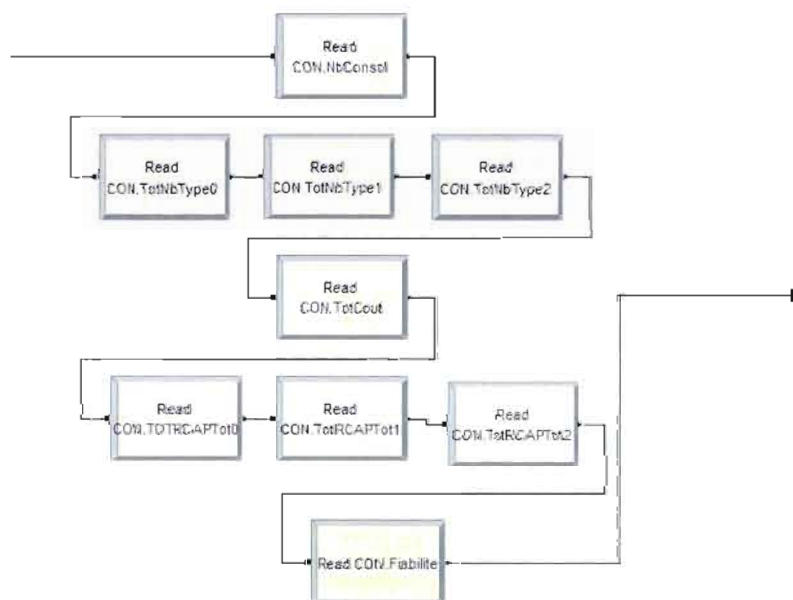


Figure 28 - Modèle Arena - Read ConsolData

Écriture ConsolData : Cette sous-section enregistre le plan de consolidation calculé à l'aide de l'outil d'optimisation. Il transfère premièrement les résultats du plan de consolidation de VBA vers Arena. Le calcul de nouveaux plans de consolidation est alors fait. Tout

dépendamment de quelle consolidation il s'agit, le plan de consolidation va s'enregistrer dans la base de données en différenciant la première de la dernière consolidation. Le modèle tient donc trace de toutes les solutions calculées par l'outil d'optimisation.

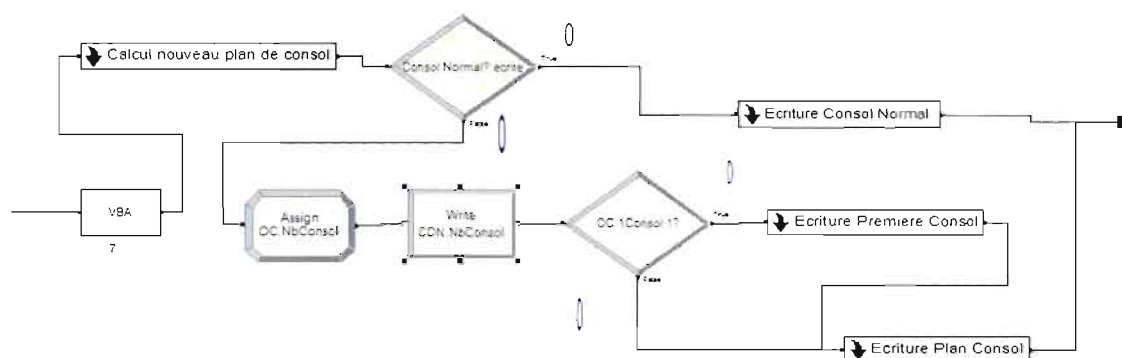


Figure 29 - Modèle Arena - Écriture ConsolData

Calcul du nouveau plan de consol : Cette sous-section met à jour le nombre total de conteneurs pour chaque type, le coût total des conteneurs pour chaque type, la capacité résiduelle totale pour chaque type de conteneurs et le coût de fiabilité du plan de consolidation.

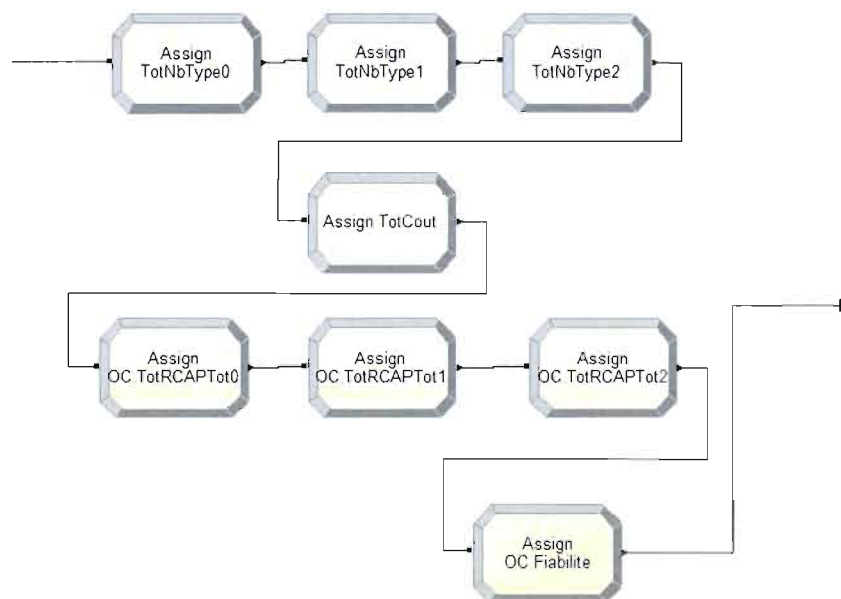


Figure 30 — Modèle Arena — Calcul du nouveau plan de consol

Écriture Plan Consol : Trois sous-sections identiques servent à l'écriture des différents plans de consolidations. La première consolidation, la dernière consolidation et la consolidation opérationnelle sont enregistrées séparément. On enregistre la date prévue, le nombre de commandes, le coût total et le coût de fiabilité du plan de consolidation dans la base de données. Le nombre et le coût unitaire de chaque conteneur sont également enregistrés à cette étape.

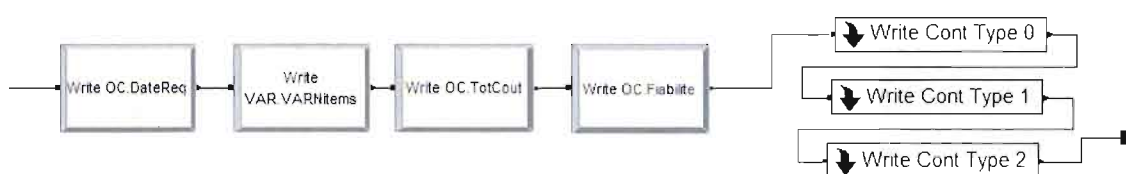


Figure 31 — Modèle Arena — Écriture Plan Consol

[Cette page a été laissée intentionnellement blanche]

CHAPITRE 5

ANALYSE DES RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats obtenus avec la simulation Arena. On y présente premièrement le choix des scénarios à l'étude. Cette section explique le choix de la liste des produits et les paramètres influençant le processus d'approvisionnement. On présente par la suite une comparaison graphique des différentes méthodes de livraison. On termine ce chapitre par une description des tendances observées dans les résultats.

5.1 Choix des scénarios

Ce mémoire consiste à la première simulation dynamique et stochastique qui modélise la consolidation proactive de commande. Les recherches dans ce domaine sont pratiquement inexistantes et nous avons dû baser le choix des paramètres des scénarios plus par intuition que par suite logique suivant d'autres recherches. Ces premiers résultats serviront à orienter les prochaines recherches sur la consolidation proactive.

Ces résultats présentent une comparaison de neuf différentes façons de consolider les commandes en conteneur étant catégoriser en trois politiques plus générales. On y retrouve une politique qui représente une situation dans la quelle il n'y a aucun retard dans le cycle d'achat, une politique rigide qui représente de la consolidation proactive pour le quel le plan de consolidation initial ne peut être changer et une politique flexible qui représente de la consolidation proactive pour le quel le plan de consolidation initial peut être changer, donc où il est possible de annuler un conteneur acheté de façon proactive. Dans la politique sans retard, nous avons analysé la situation où l'ensemble des commandes sont placées en conteneur par consolidation normale seulement, la situation où les commandes peuvent être placées en conteneur soit par consolidation normale soit envoyées par LCL, la situation où l'ensemble des commandes sont consolidées par consolidation proactive et la situation où les commandes peuvent être placées en conteneur soit par consolidation proactive soit

envoyées par LCL. Dans la politique rigide, l'ensemble des commandes sont initialement regroupées en conteneur par consolidation pro active. Les commandes en retard sont soit envoyées par LCL uniquement, soit par l'achat de nouveaux conteneurs seulement, soit par l'achat de nouveaux conteneurs ou par LCL. La politique flexible quant à elle utilise les conteneurs déjà achetés pour refaire une consolidation en tenant compte des conteneurs en retard. Nous avons analysé une situation où l'ajout de capacité liée au retard ne se fait que par l'ajout de conteneur et une situation où l'ajout de capacité liée au retard peut se faire soit par l'ajout de conteneur, soit par LCL.

De plus, nous avons repris l'ensemble de ces analyses pour deux scénarios différents. Le premier scénario représente une situation où la consolidation pro active est faite approximativement après la moitié du temps de fabrication écoulé et comporte une réduction du coût des conteneurs de 15%. Le deuxième scénario représente une situation où la consolidation pro active est faite approximativement après le quatre cinquième du temps de fabrication écoulé et comporte une réduction du coût des conteneurs de 5%.

L'ensemble des méthodes de livraison analysées dans ce travail utilise exactement les mêmes flux sur le processus d'approvisionnement. Le gros avantage est que, la presque totalité des coûts engendrés tout au long du processus d'approvisionnement sont les mêmes pour l'ensemble des méthodes de livraison choisies. L'analyse des résultats peut donc se baser principalement sur le coût des conteneurs uniquement.

5.1.1 Liste des données

L'ensemble des données initiales se base sur les données recueillies sur l'entreprise à l'étude. Cependant, puisque les données en notre possession n'incluaient pas un nombre suffisant de produits pour avoir des résultats intéressants, nous avons construit une liste de produits respectant la distribution des produits en notre possession. De plus, afin d'alléger le nombre de produits à l'étude, nous avons réduit le temps des cycles d'achat afin de générer un plus grand nombre de produits. Les délais de la simulation respectent toutefois l'ordre de grandeur des délais réels retrouvés sur le processus d'approvisionnement de Rona. Les différents coûts de la simulation ne représentent pas non plus les coûts réels de l'entreprise mais demeurent proportionnels les uns par rapport aux autres.

5.1.2 Processus d'approvisionnement

Le processus d'approvisionnement présenté ici comprend une première consolidation pendant la fabrication du produit. Les conteneurs utilisés à ce moment sont achetés avec une économie. Après la première consolidation, un ajustement est fait au moment de la livraison. Cette consolidation tient compte des conteneurs déjà achetés mais utilise la liste de produits réelle pour établir le plan de consolidation. Advenant le cas où il y a un plus grand nombre de produits à livrer, le modèle achète d'autres conteneurs au prix régulier. Par ailleurs, si le nombre de produits à livrer est inférieur aux prévisions, la valeur des conteneurs déjà achetés n'est pas remboursée.

Le processus d'approvisionnement prévoit un départ de bateaux par semaine. La quantité des ventes journalières et le temps de fabrication d'une commande sont aléatoires. Nous avons préféré garder le temps de livraison maritime et terrestre fixe puisque ce délai n'a que très peu d'influence sur le plan de consolidation puisque ce délai est généré après le processus de consolidation. La quantité des produits vendus est déterminée par une moyenne et un écart-type. Le temps de fabrication est déterminé par une chance de retard du fournisseur et, advenant le cas, un retard suivant une distribution triangulaire.

5.2 Présentation des résultats

Les graphiques suivant représentent une comparaison des différentes méthodes pour envoyer les commandes pour chacun des scénarios. Les quatre premiers graphiques représentent le premier scénario et les quatre suivant représentent le deuxième scénario. Le premier graphique, la figure 32 et 36, représente la politique sans retard, le deuxième graphique, la figure 33 et 37, représente la politique rigide, le troisième graphique, la figure 34 et 38, représente la politique flexible et le quatrième graphique, la figure 35 et 39, représente une comparaison entre le meilleur résultat de chacune des politiques.

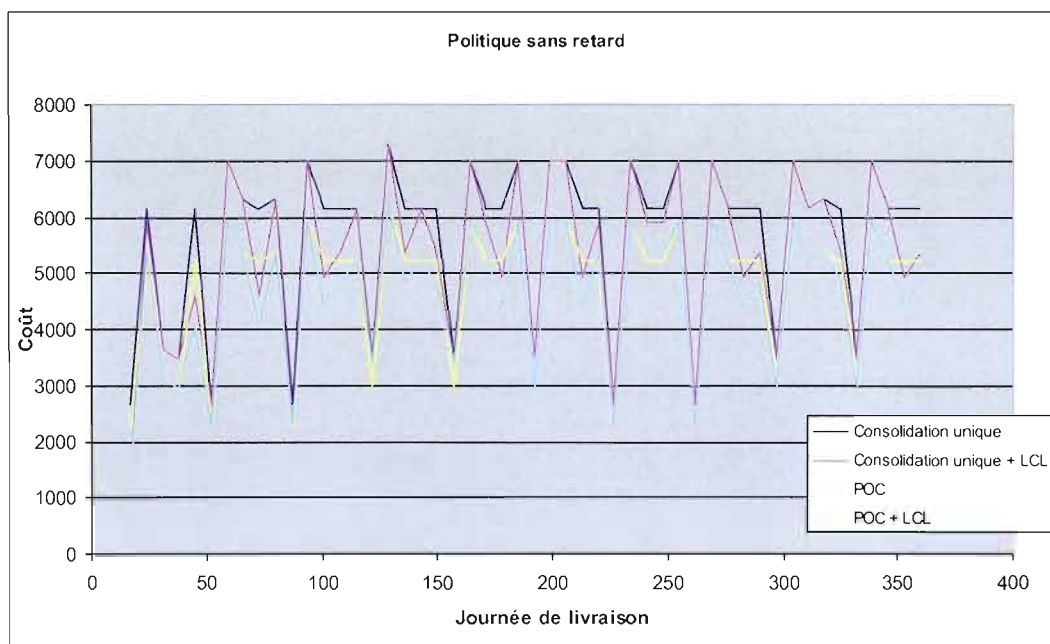


Figure 32 — Premier scénario - Politique sans retard

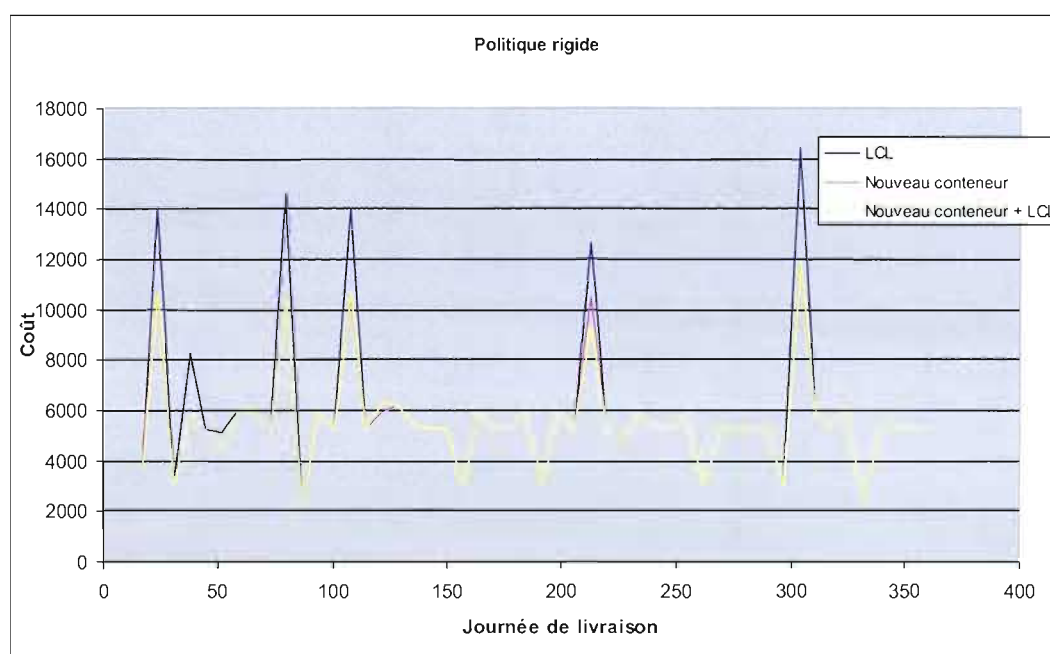


Figure 33 — Premier scénario - Politique rigide

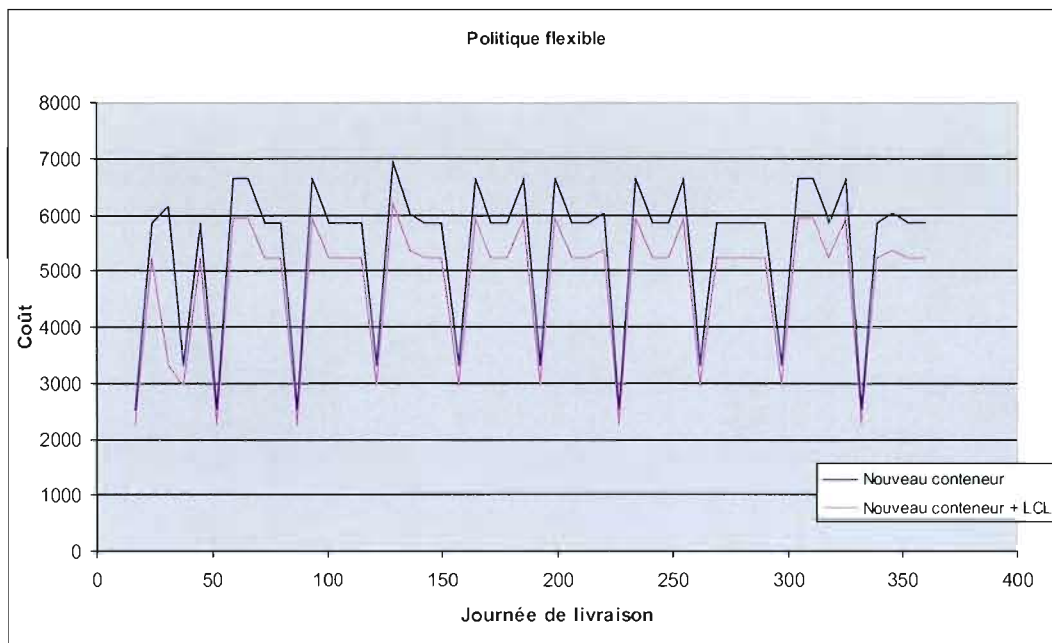


Figure 34 — Premier scénario - Politique flexible

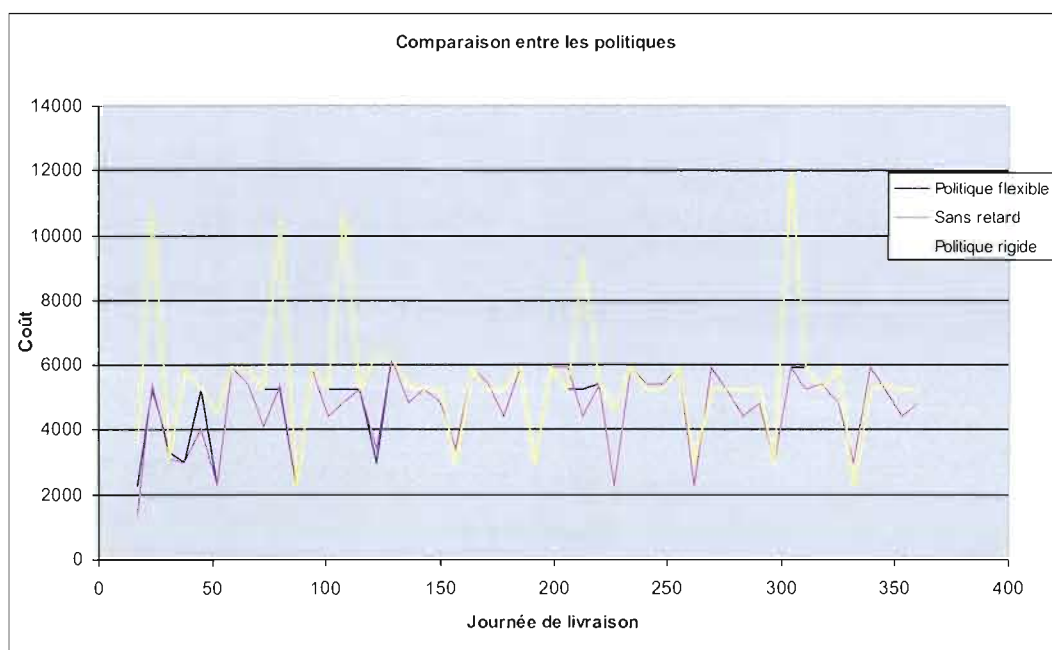


Figure 35 — Premier scénario - Comparaison des trois politiques

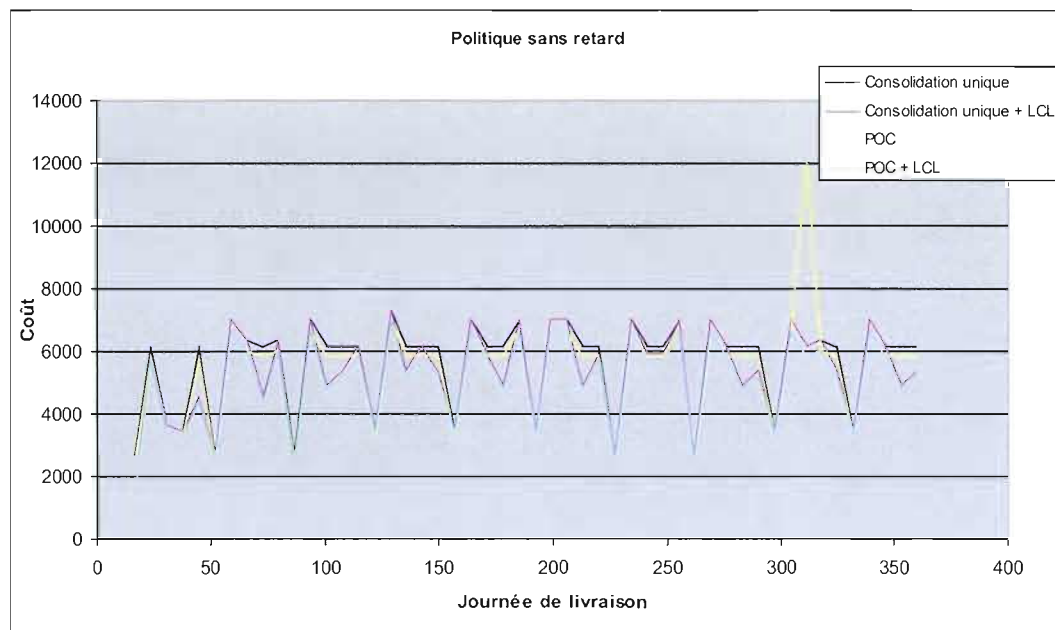


Figure 36 — Deuxième scénario - Politique sans retard

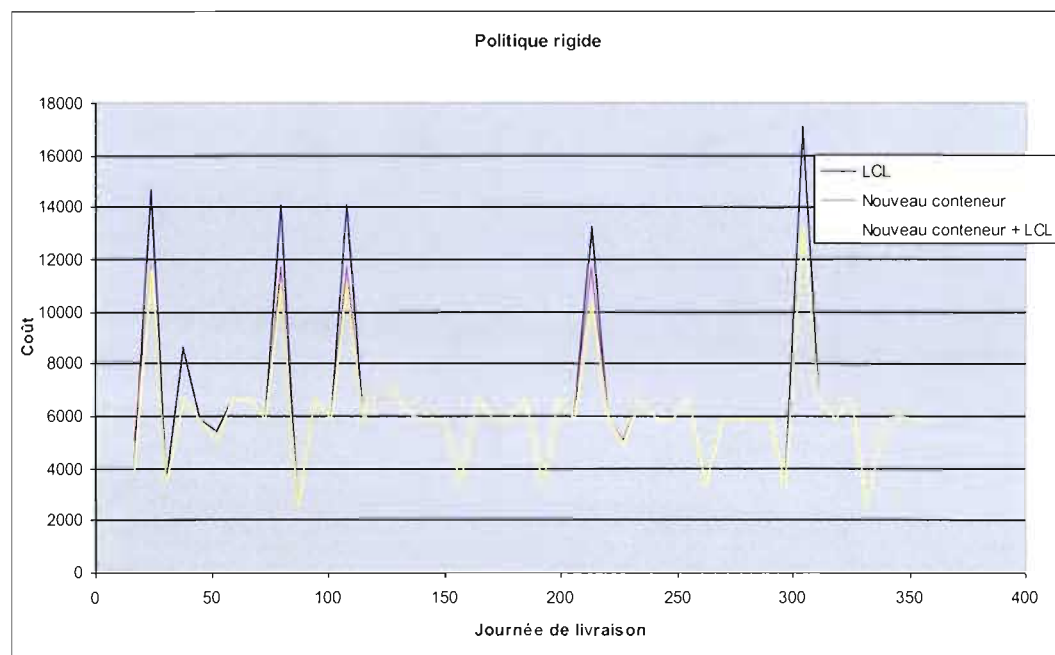


Figure 37 — Deuxième scénario - Politique rigide

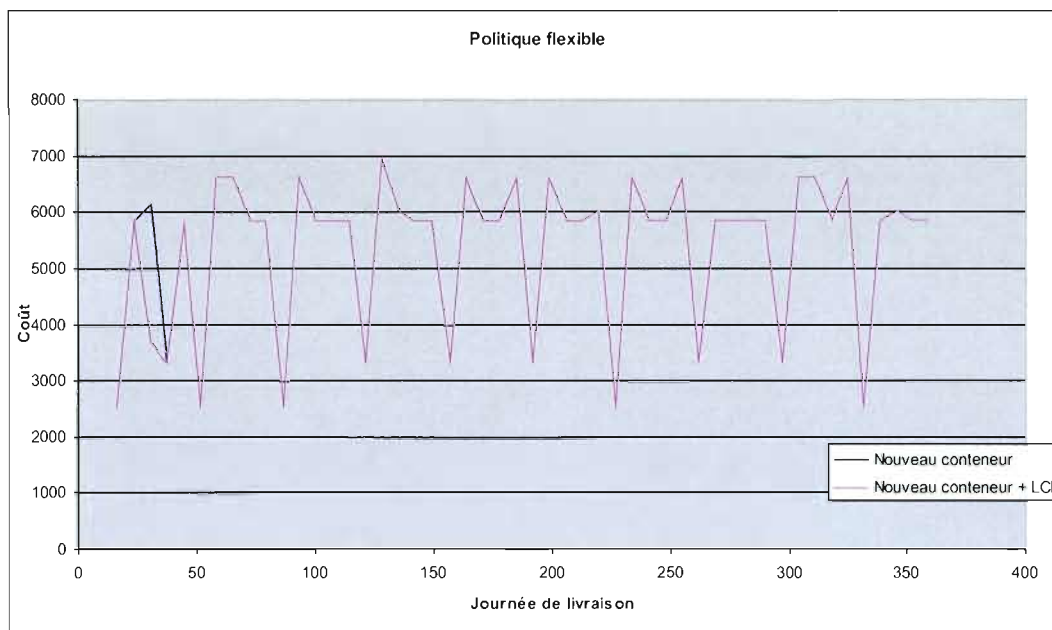


Figure 38 — Deuxième scénario - Politique flexible

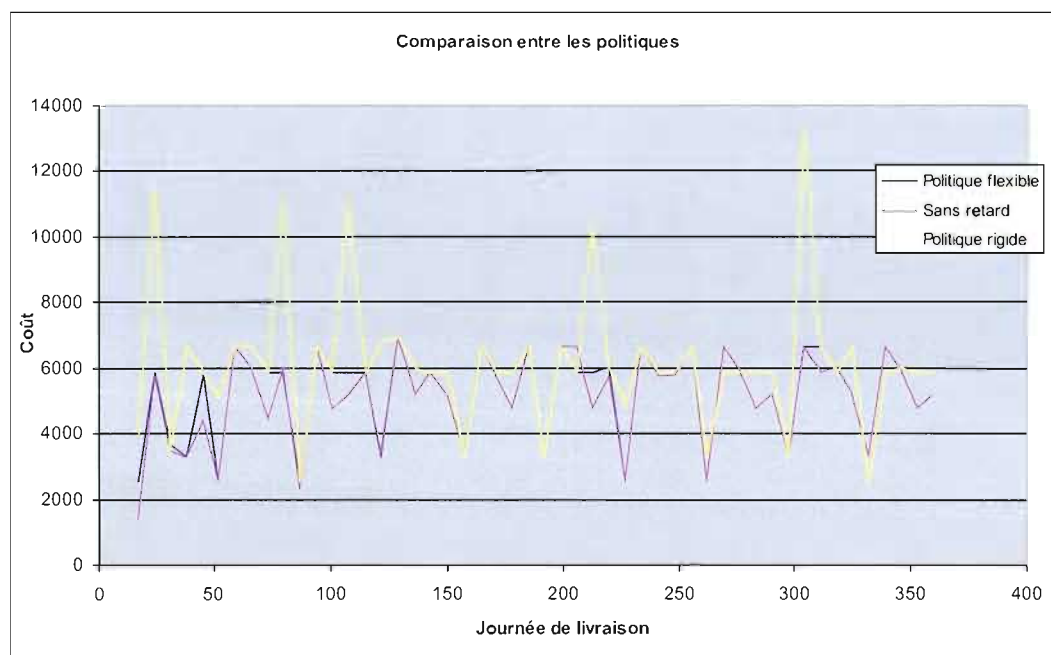


Figure 39 — Deuxième scénario - Comparaison des trois politiques

De plus, nous avons présenté dans la figure 40 un tableau présentant le coût moyen pour chacune des politiques pour les deux scénarios. Nous analysons la réduction des coûts divisée par chaque politique et la réduction des coûts pour l'ensemble des politiques.

	PREMIER SCÉNARIO			DEUXIÈME SCÉNARIO		
	Coût moyen	Réduction par politique	Réduction sur l'ensemble	Coût moyen	Réduction par politique	Réduction sur l'ensemble
Sans retard - Consolidation unique	5653	0.0000%	5.8807%	5653	0.0000%	13.5430%
Sans retard - Consolidation unique + LCL	5310	6.0674%	11.5913%	5310	6.0674%	18.7886%
Sans retard - POC	4805	15.0000%	19.9986%	5494	2.8207%	15.9817%
Sans retard - POC + LCL	4643	17.8632%	22.6934%	5088	9.9993%	22.1881%
Politique rigide - LCL	6006	0.0000%	0.0000%	6539	0.0000%	0.0000%
Politique rigide - Nouveau conteneur	5598	6.8066%	6.8066%	6256	4.3221%	4.3221%
Politique rigide - Nouveau conteneur + LCL	5573	7.2141%	7.2141%	6174	5.5836%	5.5836%
Politique flexible - Nouveau conteneur	5424	0.0000%	9.6976%	5424	0.0000%	17.0492%
Politique flexible - Nouveau conteneur	4810	11.3261%	19.9253%	5375	0.9034%	17.7985%

Figure 40 — Coût moyen et réduction des coûts

5.3 Tendances observées

Les résultats démontrent clairement l'intérêt de la consolidation pro active pour une grande entreprise de distribution. En effet, il y a une réduction nette des coûts des conteneurs avec la consolidation pro active et ce peu importe que l'entreprise soit dans une politique sans retard, une politique rigide ou une politique flexible. De plus, nous démontrons l'intérêt de combiner l'envoi des commandes en retard en LCL avec la consolidation pro active. Cela a comme effet de ne pas acheter un conteneur pratiquement vide. Nous constatons également une réduction du coût des conteneurs même en présence de conteneur et ce également lorsque nous n'utilisons pas le LCL.

Le fait de pouvoir exercer un contrôle fort sur le fabricant et ainsi réduire les retards pouvant être occasionné favorise d'avantage les économies pouvant être réalisées. Nous remarquons effectivement une diminution des économies en présence de retard. Cependant, le fait d'être en mesure de négocier une politique flexible avec le transporteur permet d'assurer une grande part des économies engendrées par la consolidation pro active même en présence de retard. De plus, même si l'entreprise ne peut éviter les retards et ne peut négocier une politique flexible avec le transporteur, elle sera toujours en mesure de générer des économies substantielles.

CONCLUSION

Recherche future

Cette recherche n'est qu'une étape parmi un cheminement plus complexe afin de comprendre l'utilisation de la consolidation proactive sur un processus d'approvisionnement d'un grand distributeur. Les recherches faites dans ce domaine ne peuvent pas pour l'instant décortiquer suffisamment le processus de consolidation proactive pour permettre aux entreprises de l'utiliser dans leurs propres activités. Les liens entre les rabais octroyés par le transporteur et le nombre de jours d'avance où on prévoit les besoins en conteneur font partie des questions qui restent à élucider. Voici des pistes de recherche pour les prochains travaux qui seront effectués sur ce sujet.

Les listes de données

Une très grande quantité de paramètres doivent être établis pour chacun des items inclus dans la simulation. Comme nous l'avons vu précédemment, cette recherche à utiliser une liste générée par ordinateur représente le mieux possible l'entreprise utilisée en exemple. Par contre, afin de poursuivre les recherches sur la consolidation proactive, il faudra entre autres générer plusieurs listes d'items différentes. Il sera intéressant de voir l'évolution des résultats en modifiant certains paramètres importants à la génération des listes d'items. Ces critères pourront avoir une grande influence sur les résultats de la simulation.

La durée des cycles d'approvisionnement souhaité pour chacun des produits est évidemment un élément essentiel. Plus l'entreprise souhaite raccourcir son cycle, plus elle devra commander des quantités plus petites. Jusqu'à quel point l'entreprise a intérêt à réduire la taille de ses commandes? Il est certain que le nombre de commandes augmentera en réduisant la quantité commandée de chaque commande. Mais à quel endroit se situe le seuil exactement? Pour répondre à ces questions, il faudrait faire plusieurs analyses avec plusieurs cycles différents.

Le taux de service et la distribution des prix et des volumes de chaque item compris dans la simulation peuvent avoir un impact important sur les résultats. Pour représenter plusieurs

types de produits différents, il serait intéressant de classer les items sous différentes catégories. Chaque catégorie pourrait avoir son propre taux de service et une distribution des prix et des volumes uniques. Chaque produit peut également provenir de fournisseurs dont la fiabilité varie. Les recherches futures pourront catégoriser les produits également par fournisseur, en attribuant un degré de fiabilité différent pour chaque catégorie de fournisseur.

Les scénarios

La présente étude s'intéresse principalement à évaluer la différence entre une approche de consolidation régulière à une approche de consolidation proactive. Elle ne compare pas plusieurs scénarios différents de consolidation proactive entre elles. Il serait fort intéressant d'évaluer des économies possibles selon différents contextes.

Pour l'instant, nous ne connaissons pas les rabais nécessaires afin de rendre la consolidation proactive profitable. En faisant plusieurs analyses avec des échelles de rabais différent, il serait possible de trouver le seuil minimal du rabais pour couvrir les coûts additionnels de la consolidation proactive. De plus, comme vue dans la dernière section, la fiabilité des fournisseurs peut avoir un impact sur la rentabilité de la consolidation proactive. En analysant cet aspect, il serait possible d'évaluer le degré de fiabilité nécessaire d'un fournisseur. L'entreprise pourra alors choisir les mesures de contrôle nécessaire pour assurer la fiabilité requise.

Les étapes de contrôle

Comme exprimée plus haut, une autre piste de recherche intéressante consiste au choix des étapes de contrôle afin d'assurer une efficacité du mécanisme de consolidation proactive. Il y a deux grands types de contrôle qui pourraient être ajoutés. Le premier type se situe sur le processus d'approvisionnement, tandis que le deuxième se situe à même le processus de consolidation.

Dans le premier cas, le but de contrôler le processus d'approvisionnement est d'augmenter l'exactitude du plan de la consolidation proactive avec la consolidation réelle pouvant être effectuée. Les étapes de contrôle suivront donc la première consolidation proactive afin de s'assurer les retards pouvant être occasionnés sont réduits au maximum. Une autre

possibilité serait de permettre une deuxième consolidation proactive afin de venir ajuster le premier plan de consolidation suite aux retards déjà enregistrés.

Dans le deuxième cas, le but est de pouvoir avoir un meilleur contrôle sur la solution suggérée par l'outil d'optimisation. Il serait possible de contrôler la solution afin d'améliorer le résultat. Par exemple, lorsqu'un conteneur ne contient pas suffisamment de volume, un contrôle pourrait être fait afin d'envoyer les commandes de ce conteneur par une méthode de transport, tel que le LCL. Les étapes de contrôle pouvant être fait à ce niveau sont faites suivant la dernière consolidation, la consolidation opérationnelle, et ont comme but de changer une partie de la solution afin réduire davantage les coûts. Un autre exemple de ce genre de contrôle serait d'acheter à l'avance seulement une portion des conteneurs prévus pour une date donnée. Ce qui réduirait possiblement le nombre de conteneurs achetés en trop.

La consolidation proactive est encore un sujet de recherche peu étudié. Plusieurs questions méritent que l'on approfondisse la recherche sur ce sujet. J'espère que ce travail pourra rendre enthousiastes plusieurs autres chercheurs face à la consolidation proactive et j'espère que quelqu'un continuera à approfondir les connaissances que nous avons sur l'utilisation de la consolidation proactive sur un processus d'approvisionnement.

Retour sur le mémoire

Cette recherche a proposé un modèle afin de simuler un processus d'approvisionnement d'un grand distributeur au détail utilisant la consolidation proactive de commande. Il présente également l'intégration de ce modèle dans un simulateur dynamique. On est alors en mesure de prouver la possibilité d'économie substantielle lors de l'utilisation de la consolidation proactive de commande. Avant de pouvoir utiliser cette technique en entreprise, la recherche scientifique doit cependant mieux analyser les interrelations entre les différents paramètres afin de mesurer les seuils de rentabilité entre la consolidation proactive et les différentes autres façons de livrer les marchandises.

Toutefois, nous avons démontré le grand intérêt de la consolidation pro active sur les activités d'approvisionnement d'une grande entreprise de distribution. Nous avons également démontré la robustesse des économies engendrées par la consolidation pro active peu importe la situation dans laquelle l'entreprise se retrouve.

ANNEXE A

LEXIQUE

livraison : Fait référence au moment où les commandes embarquent sur le bateau à partir de port de départ

fabrication : Inclus également les étapes de transport entre le centre de fabrication et le lieu de livraison

chaîne d'approvisionnement : fait référence à toutes les entités entre la collecte de la matière première et la livraison du produit au client final

activité/processus d'approvisionnement : fait référence aux activités internes de l'entreprise pour s'approvisionner en marchandise

date prévue : date à laquelle la commande devrait être au port de livraison

date prévue estimée : date prévue établie à partir de la prévision des ventes journalières

date prévue calculée : date prévue établie à partir de la date de commande et du temps de fabrication

date prévue ajustée : au besoin, si un contrôle vient modifier la date prévue calculée

date prévue réelle/date de livraison : date à laquelle la commande est arrivée au port de livraison

consolidation proactive : la liste de commandes est établie en fonction d'une date prévue

consolidation opérationnelle : la liste de commandes est établie en fonction d'une date réelle

LCL : Less than full Container Load

FCL : Full Conteneur Load

POC : Proactive Order Consolidation

ANNEXE B

CODE VBA DU MODÈLE ARENA

Module 1 :

```
Public ContCap()
Public ContCout()
Public ContQte()
```

User Form1 :

```
Private Sub CommandButton1_Click()
VARBinTypes = UserForm1.TextBox1.Text
VARBinType = Val(VARBinTypes)
ReDim Module1.ContCap(VARBinType * 2)
ReDim Module1.ContCout(VARBinType * 2)
ReDim Module1.ContQte(VARBinType * 2)
UserForm1.hide
UserForm2.Show
End Sub
```

User Form2 :

```
Public VARBinTypes As String
Public x As Integer
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
Dim TempCap() As String
Dim TempCout() As String
Dim TempQte() As String
```

```
VARBinTypes = UserForm1.TextBox1.Text
VARBinType = Val(VARBinTypes)
```

```
ReDim TempCap(VARBinType)
ReDim TempCout(VARBinType)
ReDim TempQte(VARBinType)
```

```
If x < VARBinType Then
    x = x + 1
```

```

TempCap(x) = UserForm2.TextBox1.Text
TempCout(x) = UserForm2.TextBox2.Text
TempQte(x) = UserForm2.TextBox3.Text
Module1.ContCap(x) = Val(TempCap(x))
Module1.ContCout(x) = Val(TempCout(x))
Module1.ContQte(x) = Val(TempQte(x))

```

```

Module1.ContCap(x) = UserForm2.TextBox1.Text
Module1.ContCout(x) = UserForm2.TextBox2.Text
Module1.ContQte(x) = UserForm2.TextBox3.Text

```

```

' remettre text box vide pour entrer nouveau type de conteneur

```

```

'UserForm2.TextBox1.Text = « «

```

```

'UserForm2.TextBox2.Text = « «

```

```

'UserForm2.TextBox3.Text = « »

```

```

UserForm2.Label5.Caption = x

```

```

If x = 1 Then

```

```

    UserForm2.TextBox1.Text = 100

```

```

    UserForm2.TextBox2.Text = 1000

```

```

    UserForm2.TextBox3.Text = 100

```

```

End If

```

```

If x = 2 Then

```

```

    UserForm2.TextBox1.Text = 120

```

```

    UserForm2.TextBox2.Text = 1100

```

```

    UserForm2.TextBox3.Text = 100

```

```

End If

```

```

If x = VARBinType Then

```

```

    UserForm2.hide

```

```

End If

```

```

End If

```

```

End Sub

```

Arena object :

```

Dim oSIMAN As Arena.SIMAN

```

```

Dim nATTVolumeIndex As Long

```

```

Dim nATTnoltemIndex As Long

```

```

Dim nVARBinTotalIndex As Long

```

```

Dim nVARNItems As Long

```

```

Public VARBinTypes As String

```

```

Public VARBinType As Integer

```

```

Public NITEMSs As String

```

Public NITEMS As Integer

Dim NbType()

Dim RCAPTot()

Dim RedCout

' en construction

Dim VolTotLCL As Long

Dim CoutContRefu As Long

Private Sub ModelLogic_RunBegin()

UserForm1.Show

End Sub

Private Sub ModelLogic_RunBeginSimulation()

Set oSIMAN = ThisDocument.Model.SIMAN

'nATTVolumeIndex = oSIMAN.SymbolNumber("ATTVolume")

'nATTnoltemIndex = oSIMAN.SymbolNumber("ATTnoltem")

nVARBinTotalIndex = oSIMAN.SymbolNumber("BinTotal")

nVARNItems = oSIMAN.SymbolNumber("VARNItems")

End Sub

Private Sub ModelLogic_RunBeginReplication()

'NITEMSs = UserForm1.TextBox2.Text

'NITEMS = Val(NITEMSs)

VARBinTypes = UserForm1.TextBox1.Text

VARBinType = Val(VARBinTypes)

End Sub

Private Sub VBA_Block_8_Fire()

Dim nATTTotNbType0Index As Long

Dim nATTTotNbType1Index As Long

Dim nATTTotNbType2Index As Long

Dim nATTRedCoutIndex As Long

nATTTotNbType0Index = oSIMAN.SymbolNumber(« OCTotNbType0 »)

nATTTotNbType1Index = oSIMAN.SymbolNumber(« OCTotNbType1 »)

nATTTotNbType2Index = oSIMAN.SymbolNumber(« OCTotNbType2 »)

Module1.ContQte(4) = oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, nATTTotNbType0Index)

Module1.ContQte(5) = oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, nATTTotNbType1Index)

Module1.ContQte(6) = oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, nATTTotNbType2Index)

```

nATTRedCoutIndex = oSIMAN.SymbolNumber("ATTRedCout")
RedCout = oSIMAN.EntityAttributeAsVariant(oSIMAN.ActiveEntity, nATTRedCoutIndex)
End Sub

```

```

Private Sub VBA_Block_5_Fire()
Open « G:\Compilation memoire\4.13\ist_500_3_2_2_009.txt » For Output As #1
NITEMS = oSIMAN.VariableArrayValue(nVARNItems)
Print #1, « NAME ../ist_500_3_2_2_009.txt »
Print #1, « COMMENT »
Print #1, « BINTYPE »; VARBinType * 2
Print #1, « ITEMS »; NITEMS
Print #1, « BINS_SECTION »

'écrire les paramètres des conteneurs
Dim j
For j = 0 To VARBinType — 1
    Print #1, j, Module1.ContCap(j + 1), Module1.ContCout(j + 1) * (1 — RedCout),
Module1.ContQte(j + 1)
Next j
For k = VARBinType To (VARBinType * 2) — 1
    If Module1.ContQte(k + 1) > 0 Then
        Print #1, k, Module1.ContCap(k — VARBinType + 1), 0, Module1.ContQte(k + 1) '
conteneur type : 0-1-2
    ElseIf Module1.ContQte(k + 1) = 0 Then
        Print #1, k, Module1.ContCap(k — VARBinType + 1), 9999, Module1.ContQte(k + 1) '
conteneur type : 3-4-5
    End If
Next k
Print #1, « ITEMS_SECTION »
End Sub

```

Private Sub VBA_Block_1_Fire()

```

nATTVolumeIndex = oSIMAN.SymbolNumber("ATTVolume")
nATTnoltemIndex = oSIMAN.SymbolNumber("ATTnoltem")

Dim i As Integer
Dim j As Integer
i = oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, nATTnoltemIndex)
j = oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, nATTVolumeIndex)
Print #1, i, j
End Sub

```

Private Sub VBA_Block_3_Fire()

```

Close #1
' exécute le test.bat
Dim testExe
testExe = Shell("G:\Compilation memoire\v-4.13\test.bat »)

' Créé un délai pour l'exécutable
Dim PauseTime, Start
PauseTime = 1 / 2 ' Set duration.
Start = Timer ' Set start time.
Do While Timer < Start + PauseTime
Loop
End Sub

Private Sub VBA_Block_4_Fire()
Dim MyLen
Dim LigneTemp
Open « G:\Compilation memoire\v-4.13\bestsol.sol » For Input As #3
Open « G:\Compilation memoire\v-4.13\verify.txt » For Output As #2

' lecture premiere ligne
Dim vPriceNum
Dim vMultiPrice
Dim vLowPrice
Input #3, LigneTemp
MyLen = Len(LigneTemp)
vPriceNum = InStr(LigneTemp, " LB ")
vPrice = Mid(LigneTemp, 4, vPriceNum — 4)
vLowPrice = Right(LigneTemp, (MyLen) - (vPriceNum + 3))
Print #2, « premiere ligne »
Print #2, vPrice
Print #2, vLowPrice

' lecture deuxieme ligne
Dim nBin
Input #3, LigneTemp
MyLen = Len(LigneTemp)
nBin = Right(LigneTemp, MyLen — 6)
Print #2,
Print #2, « deuxieme ligne »
Print #2, nBin

' lecture loop
Dim NPOS As Integer
Dim NPOSD As Integer

```

```

Dim NPOSF As Integer
Dim NOBINs As String
Dim NOBIN As Integer
Dim NTYPEs As String
Dim NTYPE As Integer
Dim LCHAR As String
Dim RCAPs As String
Dim RCAP As Integer
Dim NTEMPs As String
Dim NTEMP As Integer

```

```

'Dim NbType()
'Dim RCAPTot()
ReDim NbType(VARBinType)
ReDim RCAPTot(VARBinType)

```

```

Dim ItemLoc()
Dim ConType()
Dim ResCap()
ReDim ItemLoc(NITEMS)
ReDim ConType(NITEMS)
ReDim ResCap(NITEMS)

```

```

Print #2, « tableau conteneur »

```

```

While Not EOF(3)
Input #3, LigneTemp
If Left(LigneTemp, 3) = "Bin" Then
    'extraire numero de conteneur
    NPOS = InStr(LigneTemp, " Loaded")
    NOBINs = Mid(LigneTemp, 5, NPOS - 1)
    NOBIN = Val(NOBINs)
    'extraire type
    NPOSD = InStr(LigneTemp, « type »)
    NPOSF = InStr(LigneTemp, " Cap »)
    NTYPEs = Mid(LigneTemp, NPOSD + 5, (NPOSF - 1) - (NPOSD + 4))
    NTYPE = Val(NTYPEs)
    'extraire cap résiduelle
    LCHAR = Right(LigneTemp, 1)
    If LCHAR = "y" Then
        Input #3, LigneTemp
        RCAPs = LigneTemp
        RCAP = Val(RCAPs)
    Else : MyLen = Len(LigneTemp)

```

```

NPOS = InStr(LigneTemp, "capacity")
RCAPs = Right(LigneTemp, MyLen - (NPOS + 8))
RCAP = Val(RCAPs)
End If
' calculer le nombre de bin et la cap residuelle totale par type de bin
Dim m
For m = 0 To VARBinType - 1
If m = NTYPE Then
NbType(m) = NbType(m) + 1 ' compte les conteneurs du type m
RCAPTot(m) = RCAPTot(m) + RCAP ' compte la somme des cap residuelle des
conteneur de type m
If NTYPE = 0 Then ' pour enlever LCL, mettre treshold = capmax
If RCAP > 30 Then ' remplacer par variable represente treshold pour type 0
VolTotLCL = VolTotLCL + Module1.ContCap(m + 1) - RCAP
CoutContRefu = CoutContRefu + Module1.ContCout(m + 1)
End If
ElseIf NTYPE = 1 Then
If RCAP > 40 Then ' remplacer par variable represente treshold pour type 1
VolTotLCL = VolTotLCL + Module1.ContCap(m + 2) - RCAP
CoutContRefu = CoutContRefu + Module1.ContCout(m + 2)
End If
ElseIf NTYPE = 2 Then
If RCAP > 50 Then ' remplacer par variable represente treshold pour type 2
VolTotLCL = VolTotLCL + Module1.ContCap(m + 3) - RCAP
CoutContRefu = CoutContRefu + Module1.ContCout(m + 3)
End If
End If
End If
Next m
ElseIf Left(LigneTemp, 4) = "Item" Then
NPOS = InStr(LigneTemp, "Vol »")
NTEMPs = Mid(LigneTemp, 6, NPOS - 1)
NTEMP = Val(NTEMPs)
ItemLoc(NTEMP) = NOBIN
ConType(NTEMP) = NTYPE
ResCap(NTEMP) = RCAP
End If
Wend

' écrire la loop
Dim i
For i = 0 To NITEMS - 1
Print #2, i, ItemLoc(i), ConType(i), ResCap(i)
Next i

```

```

'écrire les paramètres des conteneurs
Dim j
Print #2,
Print #2, « Paramètre des conteneurs »
For j = 0 To VARBinType — 1
    Print #2, j, Module1.ContCap(j + 1), Module1.ContCout(j + 1) * (1 — RedCout),
Module1.ContQte(j + 1), NbType(j), RCAPTot(j)
Next j
For k = VARBinType To (VARBinType * 2) — 1
    Print #2, k, Module1.ContCap(k — VARBinType + 1), 0, Module1.ContQte(k + 1)
Next k
Print #2,
Print #2, « LCL »
Print #2, VolTotLCL, CoutContRefu
Close #2
Close #3
End Sub

```

Private Sub VBA_Block_7_Fire()

```

' transfert des variables array VBA en format Arena
' reste à faire : rendre cette partie pouvant etre ajustable

```

```

Dim nContCap0 As Long
Dim nContCap1 As Long
Dim nContCap2 As Long
Dim nContCout0 As Long
Dim nContCout1 As Long
Dim nContCout2 As Long
Dim nNbType0 As Long
Dim nNbType1 As Long
Dim nNbType2 As Long
Dim nRCAPTot0 As Long
Dim nRCAPTot1 As Long
Dim nRCAPTot2 As Long

```

```

nContCap0 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCap0 »)
nContCap1 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCap1 »)
nContCap2 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCap2 »)
nContCout0 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCout0 »)
nContCout1 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCout1 »)
nContCout2 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.ContCout2 »)
nNbType0 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.NbType0 »)
nNbType1 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.NbType1 »)

```



```

nNbType2 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.NbType2 »)
nRCAPTot0 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.RCAPTot0 »)
nRCAPTot1 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.RCAPTot1 »)
nRCAPTot2 = oSIMAN.SymbolNumber(« VAR.RCAPTot2 »)

Dim m
For m = 0 To VARBinType — 1
  If m = 0 Then
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCap0) = Module1.ContCap(0 + 1)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCout0) = Module1.ContCout(0 + 1) * (1 — RedCout)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nNbType0) = NbType(0)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nRCAPTot0) = RCAPTot(0)
  ElseIf m = 1 Then
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCap1) = Module1.ContCap(1 + 1)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCout1) = Module1.ContCout(1 + 1) * (1 — RedCout)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nNbType1) = NbType(1)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nRCAPTot1) = RCAPTot(1)
  ElseIf m = 2 Then
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCap2) = Module1.ContCap(2 + 1)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nContCout2) = Module1.ContCout(2 + 1) * (1 — RedCout)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nNbType2) = NbType(2)
    oSIMAN.VariableArrayValue(nRCAPTot2) = RCAPTot(2)
  End If
Next m
End Sub

```

BIBLIOGRAPHIE

APPELBAUM, Richard & Lischtenstein, Nelson, « A new World of Retail Supremacy : Supply Chains and Workers' Chains in the Age of Wal-Mart", International Labor and Working Class History, Cambridge: Oct 2006. Vol. 70, Iss. 1; p. 106 (20 pages)

BÉLIVEAU, M. (2008) « Consolidation de commandes dans la grande distribution », École des Sciences de la Gestion, UQÀM, Montréal, Québec, Canada, mémoire de maîtrise

CRAINIC, Teodor et al., "Proactive Order Consolidation in the Retail Supply Chain", CIRRELT, Sept. 2009, 16 pages.

CRAINIC, T. G., Perboli, G., Rei, W., Tadei, R., (2011 b) « Efficient lower bounds and heuristics for the variable cost and size bin packing problem, Computers & Operations Research », 38, pp. 1474-1482.

CUI, Geng & Liu, Qiming, "Regional market segments of China opportunities and barriers in a big emerging market", The Journal of Consumer Marketing. Santa Barbara : 2000. Vol. 17, Iss. 1; pg. 55.

GURNANI, Haresh, "A study of quantity discount procuring models with different ordering structures : Order coordination, order consolidation, and multi-tier ordering hierarchy", Int. J. Production Economics 72 (2001) p. 203-225.

KUMAR, Nirmalva, "The revolution in retailing from market driven to market driving", Long Range Planning, Déc. 1997, volume 3, pages 830-835.

STEVENSON, W. J., Benedetti, C., « La gestion des opérations », 2ième édition, Chenelière McGraw-Hill, 2007, 801 pages.

WÄSCHER, HauBner & Schumman, "An improved typology of cutting and packing problems",
European journal of operational research 183 (2007), p. 1109-1130.

Rapport annuel RONA 2009